



**Abílio Santos Almeida Fibras Ópticas na Rede de Acesso – Implicações nas
Redes dos Edifícios**



**Abílio Santos Almeida Fibra Óptica na Rede de Acesso – Implicações nas
Redes dos Edifícios**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte, Professor Catedrático do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

Dedico esta dissertação aos meus pais que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

Júri

Presidente

Prof. Doutor José Rodrigues Ferreira da Rocha
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Arguente interno

Prof. Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Arguente externo

Prof. Doutor Henrique José Almeida da Silva
Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade
de Coimbra

agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus colegas do GSBL e a todos aqueles que de uma forma ou de outra me ajudaram e apoiaram nesta minha caminhada, pois sem eles não seria possível chegar onde cheguei.

De uma forma muito especial, agradeço ao Prof. Doutor. A. Manuel de Oliveira Duarte, por se ter mostrado tão acessível, dedicado e se ter disponibilizado para ser meu orientador. Só com a sua ajuda foi possível a realização desta dissertação.

E como não podia deixar de ser, agradeço aos meus pais e irmão, por tudo o que fizeram, pela paciência e pela incansável ajuda que sempre me prestaram.

Ainda deixar umas palavras de apreço a uma pessoa que não estando sempre presente ao longo da minha vida, se cruzou no meu caminho e se mostrou um ser muito especial e que muito apoio me deu e motivação nestes últimos dois anos. Nita a ti, o meu mais especial bem-haja.

palavras-chave

Redes de Nova Geração, Novas Redes de Acesso, Fibra Óptica, Infra-estruturas de Telecomunicações, Unidades de Alojamento, Regulação, Análise tecno-económica.

resumo

Com a crescente necessidade de largura de banda por cada utilizador e a prestação cada vez maior de novos serviços aumenta a necessidade de alterações profundas nas redes de acesso e infra-estruturas a elas subjacentes.

O impacto na economia dos operadores que pretendem efectuar a implementação das novas redes de acesso é o grande entrave para o evoluir de uma forma célere das redes de acesso, já que se perspectivam grandes investimentos por parte destes prestadores de serviços de telecomunicações para fazer face à incapacidade da rede existente, tanto na rede de distribuição como nas próprias redes existentes nos edifícios.

É neste contexto que surge a necessidade de estudar a viabilidade de projectos de implementação das novas redes de acesso com especial ênfase nas redes de acesso por fibra. Custos e cenários previstos no interior de edifícios e urbanizações são também de especial interesse para o planeamento dessas novas redes de acesso que se pretendem levar até á unidade de alojamento do cliente que se quer servir.

Nesta perspectiva, a presente dissertação pretende efectuar o estudo tecno-económico da implementação das novas redes de acesso no seio das redes internas dos edifícios e prever soluções mais económicas para alguns possíveis cenários reais, por forma a facilitar essa execução tendo em conta os custos associados à instalação de fibra óptica até cada cliente.

keywords

New Generation Networks, New Access Networks, Fiber Optics, Telecommunications Infrastructure, Dwelling Units, Regulation, Techno-Economic Analysis.

abstract

With the increasing need for bandwidth for each user and the provision of new services with special needs, led to the need for profound changes in access networks and infrastructure underlying them.

The impact on the economy of operators who want to make the implementation of the new access networks is the major obstacle to evolve a way to quickly access networks, since large investments behave by telecommunications services providers to tackle the inability of the existing network, not only in the distribution network, but also in the existing networks in buildings..

It is in this context that the need to study the viability of projects to implement the new access networks with emphasis on fiber access networks. Costs and scenarios for inside buildings and residential areas are also of particular interest to the planning of these new access networks that will want to make up dwelling units from the client who wants to serve.

From this perspective, this thesis intends to make the techno-economic study of the implementation of the new access networks within the internal networks of buildings and to provide economic solutions for some possible real-world scenarios, in order to facilitate this implementation taking into account the associated costs, with installing fiber to each client.

Índice

1. Introdução	13
1.1. Motivação e Enquadramento.....	14
1.2. Objectivos	15
1.3. Estrutura da Dissertação	16
2. Estrutura e Organização das Redes de Telecomunicações.....	17
2.1. Novas Redes de Acesso (NRA)	20
2.1.1. Características Gerais	24
3. Soluções Previstas para as NRA, usando fibra óptica como meio de transmissão	27
3.1. Características da Fibra Óptica.....	27
3.2. Graus de Penetração de Fibra Óptica nas Novas Redes de Acesso	29
3.2.1. FTTN/FTTCab - Fiber to the Node/Fiber to the Cabinet.....	30
3.2.2. FTTC - Fiber to the Curb	31
3.2.3. FTTB - Fiber to the Building.....	31
3.2.4. FTTH – Fiber to the Home.....	31
3.2.5. HFC.....	32
3.2.6. FWA	32
3.3. Arquitecturas usadas nas NRA (P-M-P/P-2-P)	33
3.4. Tecnologias relacionadas com as NRA (PON, GPON, EPON)	34
3.4.1. Home Run Fiber - P2P	34
3.4.2. Active Ethernet.....	35
3.4.3. PON	35
3.4.4. GPON	37
3.4.5. EPON.....	38
3.5. Cenários evolutivos das Tecnologias (10GPON; WDMPON, ...)	39
3.5.1. 10GPON	39
3.5.2. Acessos Baseados em DWDM (WDM-PON)	40
4. Aspectos normativos das Redes de Telecomunicações em Edifícios e Espaços Urbanizados	43
4.1. O Papel do Regulador	43
4.2. Normas e Regulamentações.....	44
4.3. Estrutura e Modelos Organizativos das Redes dos Assinantes, como recomendado pelo ITED/ITUR	45

4.3.1. Nomenclatura ITED	45
4.3.2. Principais Características	47
4.3.2.1. Redes de Tubagem.....	47
4.3.2.1.1. Dimensionamento das Ligações às CV	49
4.3.2.2. Projecto das Redes de Cablagem	50
4.3.3. Aspectos e Desafios da utilização da Fibra Óptica nas Redes dos Edifícios e Urbanizações.....	51
4.3.3.1. Adaptação dos Edifícios Construídos à Fibra Óptica	54
4.3.3.1.1. Projecto de alteração de Edifícios - ITED	54
4.3.3.1.2. Projecto de alteração de Edifícios – RITA	57
4.3.3.1.3. Projecto de alteração de Edifícios Pré-RITA.....	58
4.3.3.1.4. Instalação das alterações.....	59
4.3.4. Nomenclatura ITUR	61
4.3.4.1. Armário de Telecomunicações de Urbanização (ATU)	62
4.3.4.2. Redes de Tubagens.....	64
5. Co-habitação de Operadores.....	65
5.1. O acesso à rede no interior dos Edifícios.....	65
5.2. Co-existência de redes em paralelo.....	66
6. Redes no Interior dos Edifícios – Alguns Aspectos Económicos	69
6.1. Soluções Previstas	70
6.1.1. Território/Distribuição da Rede de Telecomunicações pelas Unidades de Alojamento - Descrição do <i>Habitat</i>	70
6.2. Investimentos e Custos relacionados.....	77
6.2.1. Resultados	82
6.2.2. Cálculo do Custo por Tipo de Unidade de Alojamento.....	85
7. Considerações Finais.....	87
7.1. Expansões Futuras.....	87
7.2. Conclusões	87
8. Bibliografia.....	91
9. Anexos	93
A.1. Esquema de localização das infra-estruturas no subsolo.....	94
A.2. Diagramas de Rede de Distribuição em FO.....	95
A.3. Esquemáticos de Valas Técnicas	96

A.4. Agrupamento de Tubagens	97
A.5. Dimensionamento dos Elementos da Rede de Tubagens	98
A.6. Câmaras de Visita – Dimensões e Capacidades	101
A.7. Características e Dimensões dos Cabos de Pares de Cobre	103
A.8. Capacidades de Tubagens nas ITUR	105
9.1. Câmaras de Visita	105
9.2. Armários e Pedestais	106
9.2.1. Armários.....	106
9.2.2. Pedestais	106
9.3. Bastidores.....	107
9.4. Galerias Técnicas.....	107
9.5. Salas Técnicas	107

Índice de Figuras

Figura 2-1 - Estrutura clássica das Redes de Telecomunicações convencionais	17
Figura 2-2 - Segmentos de Rede de Acesso [1].....	18
Figura 2-3 - Representação Genérica de um traçado de Condutas e Infra-estrutura associada	18
Figura 2-4 – Descrição dos diversos segmentos de uma rede de telecomunicações.....	19
Figura 2-5 - Comparação da capacidade das diversas tecnologias e sua implementação.....	21
FIGURA 3-1 - Distribuição da Rede	27
Figura 3-2- Cabo de fibras ópticas para conduta [5].....	28
Figura 3-3 - Relação entre o comprimento de onda e a atenuação na fibra óptica [26].....	29
Figura 3-4 – FTTx.....	30
Figura 3-5 - FTTCab/Node [27].....	30
Figura 3-6 – FTTB [27]	31
Figura 3-7 – FTTH [27].....	32
Figura 3-8 - FWA.....	33
Figura 3-9 - Arquitectura P2P [27].....	34
Figura 3-10 - Active Ethernet	35
Figura 3-11 - PON	36
Figura 3-12 - Elementos de uma Rede PON [16]	37
Figura 3-13 - GPON	38
Figura 3-14 - EPON.....	39
Figura 3-15 - WDM – PON [16].....	41
Figura 4-1 - Rede interna de um Edifício de Apartamentos [4].....	46
Figura 4-2 - Redes de Tubagens	47
Figura 4-3 - Rede ITED numa moradia unifamiliar [4]	49
Figura 4-4 – Repartidor Geral de Fibras Ópticas [4].....	52
Figura 4-5 – Pormenor de um RG-FO com diversos módulos de operadores [4].....	52
Figura 4-6 - Conectores de campo [4]	52
Figura 4-7 - Cabo individual de cliente com duas fibras do tipo G657A [4].....	53
Figura 4-8- Desdobramento do RG-FO nas caixas do ATE [4]	54
Figura 4-9 - Instalação do RG-FO no ATE superior [4].....	55
Figura 4-10 - Instalação do RG-FO no ATE inferior, desdobramento do primário de 2.º operador [4]	55
Figura 4-11 - Instalação do RG-FO em caixa de entrada de cabos [4]	56
Figura 4-12 - Exemplo de distribuição do sinal num fogo com infra-estrutura ITED [4]	57
Figura 4-13 - Exemplo de distribuição do sinal num fogo com infra-estrutura RITA [4]	58
Figura 6-1 - Estrutura da ferramenta de análise tecno-económica [2].....	69
Figura 6-2 - Rede de Distribuição em Edifícios em Banda – Fachada	71

Figura 6-3 - Outside Drop (Bloco de Apartamentos).....	72
Figura 6-4 - Floor Box Drop (Bloco de Apartamentos).....	73
Figura 6-5 - Moradia Unifamiliar (SFU)	74
Figura 6-6 - Zona de Acolhimento Industrial com Rede Privada de Telecomunicações	75
Figura 6-7 – Pormenor de uma Rede de Distribuição	75
Figura 6-8 - Rede de Acesso usando Cabos Aéreos [Ventura TEAM].....	76
Figura 6-9 - Rede de Acesso usando Cabos em Conduitas [Ventura TEAM].....	76
Figura 6-10 - Point-to-Point Drop (Bloco de Apartamentos)	77
Figura 6-11 - Elementos de custo de uma rede de telecomunicações.....	78
Figura 6-12 - Evolução da taxa de penetração para o Cenário 1	80
Figura 6-13 – Evolução da taxa de penetração para o Cenário 2	81
Figura 6-14 – Evolução da taxa de penetração para o Cenário 3	81
Figura 6-15 - Volume de Investimentos associados ao Cenário 1 - Optimista	82
Figura 6-16 - Volume de Investimentos associados ao Cenário 2 – Intermédio	83
Figura 6-17 - Volume de Investimentos associados ao Cenário 3 – Pessimista	83
Figura 6-18 - Comparação dos Investimentos dos diversos cenários considerados	83
Figura 6-19 - CAPEX - Sobreposição dos cenários.....	84
Figura 9-1 - Diâmetro da coluna PC em função do número de fogos [4]	99
Figura 9-2 - Diâmetro da coluna CC em função do número de fogos [4]	99
Figura 9-3 - Diâmetro da coluna FO em função do número de fogos [4]	100
Figura 9-4 - Capacidade das calhas [4]	100
Figura A.1 - Diagrama esquemático de uma solução para distribuição em FO numa ITUR privada	95

Índice de Tabelas

Tabela 3-1 - Taxas de Transmissão em GPON [27].....	38
Tabela 4-1 - Dimensionamento das ligações à CV.....	50
Tabela 4-2 - Redes de cablagem [4].....	51
Tabela 5-1 - Principais operadores com infra-estruturas de acesso próprias	65
Tabela 5-2 - Operadores com infra-estruturas de acesso alugadas.....	65
Tabela 6-1 - Características do Cenário 1 - Optimista.....	80
Tabela 6-2 - Características do Cenário 2 - Intermédio.....	81
Tabela 6-3 - Características do Cenário 3 - Pessimista.....	81
Tabela 6-4 - Descrição do Território	82
Tabela 6-5 – CAPEX – Cenário 1	84
Tabela 6-6 - CAPEX - Cenário 2.....	84
Tabela 6-7 - CAPEX - Cenário 3.....	84
Tabela 9-1 - Esquema de agrupamento de tubagem com envolvimento em pó de pedra ou areia	97
Tabela 9-2 - Esquema de agrupamento de tubagem com envolvimento em betão	97
Tabela 9-3 - Diâmetro externo versus diâmetro interno mínimo [4].....	98
Tabela 9-4 - Dimensionamento e tipo de Câmaras de Visita [5]	101
Tabela 9-5 - Dimensões mínimas interiores das Câmaras de Visita [5].....	101
Tabela 9-6 - Capacidade de alguns tipos de CV [5]	102
Tabela 9-7 - Dimensionamento das Ligações às Caixas de Visita dos Edifícios [5]	102
Tabela 9-8 - Características dimensionais dos cabos de pares de cobre TE1HE e T1EG1HE [5]	103
Tabela 9-9 - Código de cores dos pares de cobre do tipo TE1HE e T1EG1HE [5].....	103
Tabela 9-10 - Características eléctricas dos cabos de pares de cobre do tipo TE1HE e T1EG1HE [5].....	104
Tabela 9-11 - Características eléctricas dos cabos de pares de cobre do tipo TE1HE e T1EG1HE [5].....	104
Tabela 9-12 - Dimensões mínimas interiores dos tubos [5].....	105
Tabela 9-13 - Dimensionamento da rede de tubagens [5].....	105

Lista de Siglas e Acrónimos

- ADSL – *Asymmetric Digital Subscriber Line* – Linha de Assinante Digital Assimétrica.
- ANACOM – Autoridade Nacional das Comunicações.
- ATE – Armário de Telecomunicações de Edifício.
- ATI – Armário de Telecomunicações Individual.
- ATU – Armário de Telecomunicações de Urbanização.
- BPA – Bloco Privativo do Assinante.
- CAPEX – *Capital Expenditure* – Despesas de Capital.
- CATV – *Community Antenna Television* - Antena de Televisão Comunitária.
- CC – Cabo Coaxial.
- CEMU – Caixa de Entrada de Moradia Unifamiliar.
- CDMA – *Code Division Multiple Access* - Acesso Múltiplo por Divisão de Código.
- CM – Coluna Montante.
- CO – *Central Office* – Estação Central.
- CVP – Caixa de Visita Permanente.
- DSLAM – *Digital Subscribe Line Access Multiplexer* – Multiplexador de Acesso a Linha de Assinante Digital.
- EPON – *Ethernet Passive Optical Network* - .
- ETSI - *European Telecommunications Standards Institute* – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações.
- FA – Fracção Autónoma.
- FO – Fibra Óptica.
- FTTB – *Fiber to the Building* – Fibra até ao Edifício.
- FTTC – *Fiber to the Curb* – Fibra até à Curva.
- FTTCab – *Fiber to the Cabinet* – Fibra até ao Armário.
- FTTEEx – *Fiber to the Exchange* – Fibra até ao Repartidor.
- FTTH – *Fiber to the Home* – Fibra até Casa.
- FTTN – *Fiber to the Node* – Fibra até ao Nó.
- FTTx – *Fiber to the X* – Fibra até X.
- FWA – *Fixed Wireless Access* – Acesso Fixo via *Wireless*.
- GPON – *Gigabit Passive Optical Network* -
- GPRS – *General Packet Radio Services*.
- GSM – *Global System for Mobile communication* - Sistema Global para Comunicações móveis.

- HDTV – *High Definition Television* – Televisão de Alta Definição.
- HPNA – *HomePNA Alliance*.
- IP – *Internet Protocol*.
- IPTV - *Internet Protocol for TV* - serviço de Televisão digital oferecido sobre uma rede IP.
- ITED – Infra-Estruturas de Telecomunicações em Edifícios.
- ITU – *International Telecommunications Union* – União Internacional de Telecomunicações.
- ITUR – Infra-estruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Condomínios.
- JSO – Junta de *Splitting* Óptica.
- MATV – *Master Antenna Television*.
- MDU – *Multi Dwelling Unit*.
- MoCA – *Multimedia over Coax Alliance*.
- NGN – *Next Generation Network*.
- NRA – Novas Redes de Acesso.
- OLL – Oferta do Lacete Local.
- OLT – *Optical Line Termination*.
- ONT – *Optical Line Termination*.
- ONU – *Optical Network Unit*.
- OPEX – Operational Expenditure – Custos Operacionais.
- ORAC – Oferta de Referência de Acesso a Conduatas.
- ORALL - Oferta de Referência de Acesso ao Lacete Local.
- P2P – *Point-to-Point* – Ponto-a-Ponto.
- PC – Par de Cobre.
- PDO – Ponto de Distribuição Óptico.
- PON – *Passive Optical Network*.
- PSTN - *Public Switched Telephone Network* – Rede Pública de Comutação Telefónica.
- QoS – *Quality of Service* – Qualidade de Serviço.
- RANG – Redes de Acesso de Nova Geração.
- RG – Repartidor Geral.
- RGE – Repartidor Geral do Edifício.
- RITA – Regulamento de Instalações Telefónicas de Assinante.
- RNG – Redes de Nova Geração.
- RU – Repartidor de Urbanização.
- SDU – *Single Dwelling Unit*.
- SMATV - *Satellite Master Antenna Television*.
- SMF – *Single Mode Fiber* – Fibra Monomodo.

- TIR – Taxa Interna de Rentabilidade.
- TDT – Televisão Digital Terrestre.
- UA – Unidade de Alojamento.
- UMTS - *Universal Mobile Telecommunications System*.
- VAL – Valor Actual Líquido.
- VDSL - *Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line* - Linha de Assinante Digital com muito alta taxa de bits.
- VoD – *Video on Demand*.
- VoIP – *Voice over IP*.
- WDM – *Wavelength Division Multiplexing*.
- WDMPON - *Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network*.
- WLL – *Wireless Local Loop* -
- xDSL – *Digital Subscriber Line* - Linha de Assinante Digital.
- ZAP – Zona de Acesso Privilegiado.
- 3GPP - *3rd Generation Partnership Project* - Projecto de Parceria da 3ª Geração.

1. Introdução

Os nossos hábitos quotidianos têm sofrido profundas alterações. É indiscutível que hoje vivemos de um modo completamente diferente do de há 20 anos atrás. E, provavelmente, nos próximos 20 anos iremos testemunhar o aparecimento de outras novidades.

O uso generalizado de telemóveis, a banalização da Internet, a utilização cada vez mais frequente de agendas electrónicas e a crescente implementação de redes informáticas em habitações são alguns exemplos da (r)evolução tecnológica que estamos a atravessar.

Estes novos serviços criaram novos estilos de vida e, mais importante ainda, novas necessidades. Esta realidade é sentida tanto nos ambientes empresariais como nas instituições públicas e nas habitações.

Hoje-em-dia, a grande maioria das cidades, vilas e aldeias não estão adaptadas para aceitar estas novas formas de vida. Os próprios edifícios e casas não se encontram preparados para esta nova realidade, em grande parte por causa das infra-estruturas das redes existentes.

Numa sociedade em que as comunicações rapidamente passaram a ser imprescindíveis, tornou-se fundamental a criação de infra-estruturas que assegurem a criação de serviços, de forma simples e eficaz e com visão de futuro e por isso adaptadas a esta nova realidade.

As redes de Telecomunicações deixaram de ser simples redes telefónicas para, actualmente, oferecerem uma grande variedade de serviços que possibilitam aplicações cada vez mais sofisticadas.

Houve, ao longo dos anos, a necessidade de adaptar, alterar ou inovar a forma como as comunicações eram processadas. Assim vimos o desenvolvimento das comunicação de forma manual, onde as telefonistas interligavam dois pontos (clientes), através de uma central manual, passar a ser feita de forma automática com o advento das centrais automáticas desenvolvidas por Strowger, um pequeno agente funerário que desconfiando de uma telefonista que encaminhava as chamadas para o seu marido (único concorrente) lhe fazia perder a clientela.

Com o fim da segunda Guerra Mundial, as redes telefónicas foram sendo automatizadas em todo o país, incluindo ilhas, processo esse que ficou concluído no ano de 1985. Foi também a partir desse ano que se iniciaram os estudos para a digitalização da comutação telefónica, com as primeiras centrais digitais a serem instaladas no ano de 1987, em Lisboa (Carnide) e Aveiro. [20]

Considera-se que foi com o aparecimento dos sistemas telegráficos, nos longínquos anos de 1830, associados aos caminhos-de-ferro nos EUA, que surgiu a indústria das telecomunicações tal como hoje a conhecemos. Foi no entanto, com o registo da patente do telefone, em 1876 por

Alexander Graham Bell, que o mundo assistiu ao surgimento das dinâmicas que fazem com que hoje seja possível comunicar de forma rápida e com segurança à escala global.

Ao permitir a comunicação por voz à distância, o telefone iria revolucionar o mundo, encurtando distâncias e dando um significativo passo para o conceito de globalização, que viria a sofrer novo impulso com a massificação da televisão e, mais recentemente, a expansão da Internet.

1.1. Motivação e Enquadramento

Várias vezes a estrutura física das redes de telecomunicações, maioritariamente assente nos pares de cobre bifilar, esteve posta em causa pela sua dificuldade de resposta às exigências impostas pelo surgimento de novos serviços. Mas também ao longo desta evolução, foram surgindo soluções mais ou menos engenhosas que prolongaram a vida dessa rede, diferindo os avultados custos que a instalação de outro tipo de redes exigiria.

A anterior abordagem parece ter esgotado o seu limite, levando empresas e operadores a repensar no modelo de implementação de novas redes de acesso.

Após vários anos de evolução tecnológica relacionada com a fibra óptica (lasers, fibras ópticas...), houve uma redução significativa no custo de fabrico do cabo óptico já que, à medida que o volume de produção dessas tecnologias ia aumentando os seus custos de produção iam diminuindo.

Desta feita, parece ser este o momento em que, perante a necessidade de disponibilizar novos produtos ao cliente e o visível esgotamento da rede de cobre, os operadores irão investir na instalação de uma nova rede de acesso, capaz de fornecer estes e outros serviços que surjam, com qualidade de serviço suficiente, tendo como meio físico, o cabo de fibra óptica.

Neste contexto de transição, é fundamental a necessidade de uma regulação adequada das novas redes de acesso (NRA) que assegure aos agentes do mercado, especialmente no curto e médio prazo, condições concorrenciais que permitam o desenvolvimento de produtos e serviços inovadores a preços competitivos. Os operadores têm que encontrar condições de sustentabilidade económica e os assinantes quererem usufruir desses novos serviços a preços razoáveis, podendo optar pelo operador que mais lhe convier. [15]

Importa pois, estudar os custos associados à migração para estas novas redes de acesso. É esta a motivação para este trabalho que terá maior incidência nas redes de acesso de nova geração no seio das redes internas dos edifícios usando como meio de transmissão a fibra óptica.

1.2. Objectivos

De uma forma sintética, os objectivos desta dissertação são os seguintes:

- Familiarização com o estado actual das redes de acesso, dando especial atenção à oportunidade de utilização da fibra óptica;
- Inventariação e caracterização das diferentes técnicas de implementação de infra-estruturas físicas utilizadas em redes de acesso sendo dado especial ênfase às redes no interior dos edifícios;
- Análise do quadro regulamentar aplicável à construção e utilização de infra-estruturas físicas das redes de acesso em espaços públicos e privados, assim como directivas comunitárias e nacionais respeitantes à instalação das NRA;
- Familiarização com as soluções tecnológicas utilizadas nas redes de acesso que usam a fibra óptica como meio físico de transmissão (FTTx);
- Identificação dos principais elementos de custo das redes FTTx;
- Criação de uma base de dados de elementos de custo a utilizar no projecto de redes de acesso em espaços públicos, em edifícios e em urbanizações;
- Criação de um catálogo de soluções técnicas a utilizar em cada um dos contextos considerados para a implementação das NRA em edifícios e urbanizações e fazer a respectiva análise tecno-económica;
- Produzir um conjunto de recomendações relativamente à implementação de infra-estruturas físicas utilizadas em redes de acesso.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução;**
No presente capítulo procede-se à apresentação dos objectivos e o enquadramento pretendido nesta dissertação.
- **Capítulo 2 – Estrutura e Organização das Redes de Telecomunicações;**
Neste capítulo é efectuada uma análise sucinta da estrutura e a forma como as redes de telecomunicações estão organizadas numa perspectiva actual.
- **Capítulo 3 - Soluções Previstas para as NRA, usando fibra óptica como meio de transmissão;**
Neste capítulo são dadas a conhecer as diversas soluções previstas ou já existentes que usam como meio de transmissão a fibra óptica.
- **Capítulo 4 – Aspectos normativos das Redes de Telecomunicações;**
Apresenta-se neste capítulo a regulação e o papel do regulador como importante fonte para o bom funcionamento e convivência de diversos operadores no mercado das telecomunicações em geral e nas redes de acesso em particular.
- **Capítulo 5 - Co-habitação de Operadores;**
Aqui são apresentados os operadores existentes e o seu posicionamento face ao mercado bem como as tecnologias e soluções ou opções por eles tomadas relacionadas com esta temática das novas redes de acesso.
- **Capítulo 6 – Redes no Interior dos Edifícios – Alguns Aspectos Económicos;**
Neste capítulo é feito o estudo de viabilidade de projectos de implementação de redes de acesso, para diversos cenários e soluções apresentadas.
- **Capítulo 7 – Considerações Finais.**
Como último capítulo temos as conclusões resultantes de toda a dissertação, bem como alguns apontamentos para possíveis trabalhos futuros.

2. Estrutura e Organização das Redes de Telecomunicações

A estrutura actual das redes de telecomunicações à escala global obedece ao modelo hierárquico que se apresenta na seguinte figura:

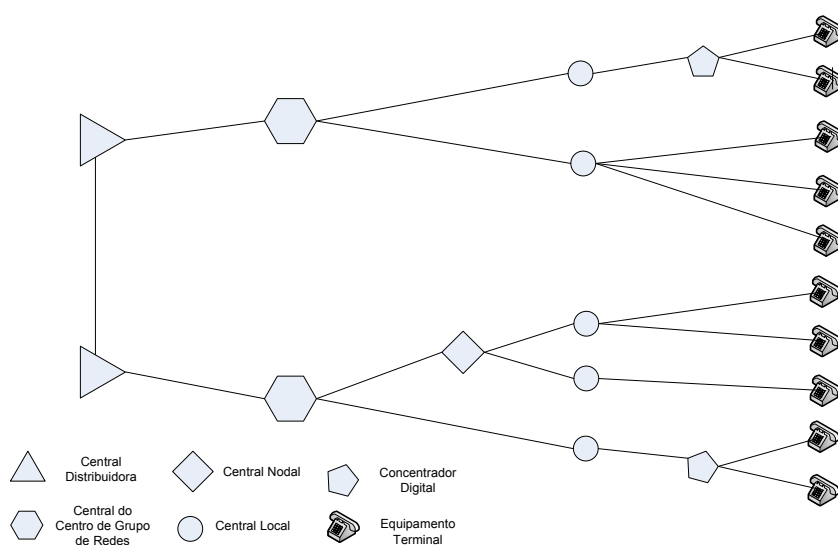


Figura 2-1 - Estrutura clássica das Redes de Telecomunicações convencionais

(Fonte: Redes e Serviços de Telecomunicações [2])

O anterior modelo está por sua vez estruturado em 3 grandes segmentos. São eles a rede nuclear, a rede de acesso e a rede de cliente.

Na rede nuclear temos sistemas de transmissão de grande capacidade que fazem a interligação entre os pontos de comutação e encaminhamento.

A rede de acesso estabelece as ligações entre cada utilizador e o ponto de comutação e encaminhamento mais próximo. No caso das redes fixas este ponto localiza-se normalmente no edifício das centrais telefónicas dos operadores históricos (também designados por incumbentes).

As redes de acesso são actualmente baseadas nos seguintes suportes físicos:

- Redes de pares de cobre entrançados - usadas nas tradicionais redes telefónicas (POTS - *Plain Old Telephony Service*) e redes DSL (*Digital Subscriber Line*);
- Rede de cabo coaxial de cobre - usado inicialmente apenas na transmissão de televisão, mas que nos últimos anos se tem aplicado, também, para transmissão de dados e voz,

com a prestação de serviços de Internet e telefone fixo por parte dos operadores de TV por cabo;

- *Redes Sem fios “Wireless”* – usando tecnologias rádio e sendo por isso denominadas de tecnologias sem fios;
- Redes em Fibra óptica – com inicial aplicação apenas em redes core, para transmissões de alto débito, a fibra óptica começa agora a ser também introduzida na rede de acesso.

Dos anteriores suportes físicos, a rede de pares de cobre (antiga rede telefónica) é ainda hoje a rede mais generalizada. Esta rede impõe actualmente muitos desafios aos operadores pois é aqui que se encontram os maiores estrangulamentos de largura de banda.

Nas seguintes figuras podem ver-se representados os diversos componentes das redes de acesso e como é distribuída:

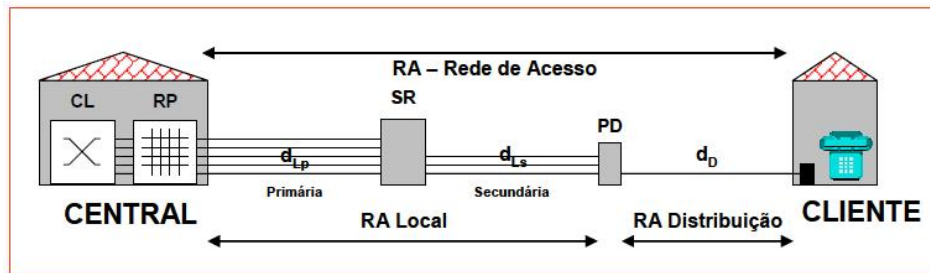


Figura 2-2 - Segmentos de Rede de Acesso [1]

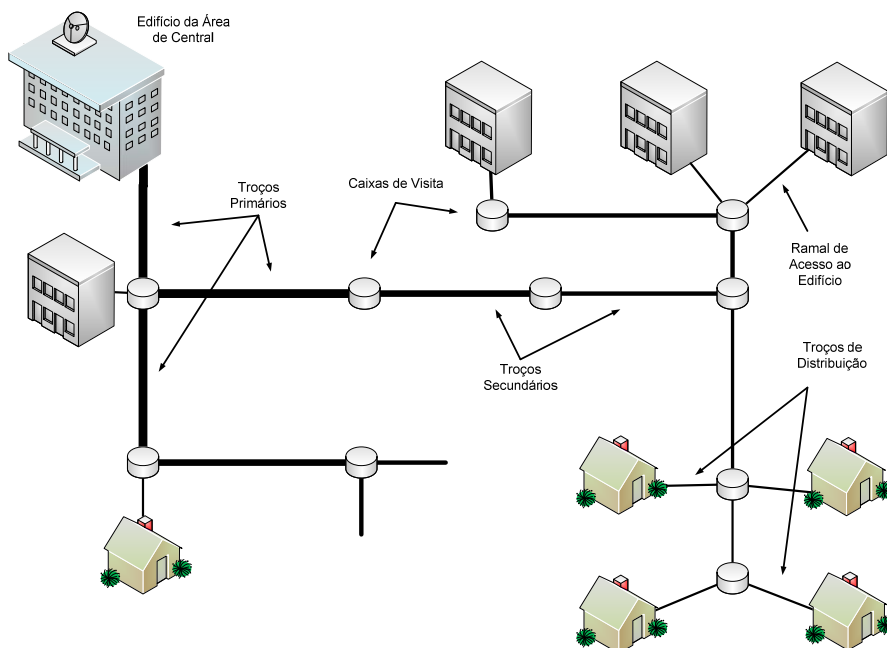


Figura 2-3 - Representação Genérica de um traçado de Condutas e Infra-estrutura associada

Finalmente, o último grande segmento da rede de telecomunicações é a rede de cliente. Esta rede é constituída por cabos e tubagens que fazem a “distribuição” dos serviços de telecomunicações aos diversos equipamentos de cliente, disponíveis por exemplo, nas várias divisões de uma habitação, de um escritório ou de uma fábrica.

Na seguinte figura podem-se ver os diversos segmentos atrás referidos de uma forma mais pormenorizada. Podem ver-se também os serviços prestados, o modo de transmissão, comutação e encaminhamento, e a interligação das diversas redes de telecomunicações existentes (fixas e móveis).

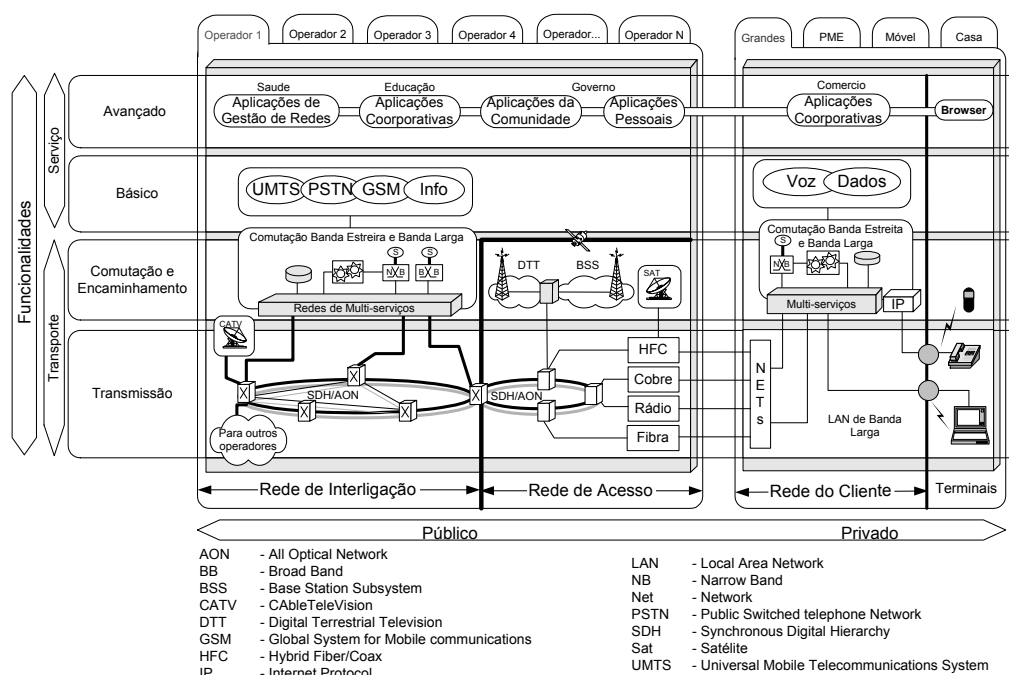


Figura 2-4 – Descrição dos diversos segmentos de uma rede de telecomunicações

(Fonte: Oliveira Duarte, A.M. et al “Redes e Serviços de Telecomunicações: Breve Panorâmica” Notas de Estudo, Universidade de Aveiro, 2001 adaptado do projecto CONVAIR, Advanced Communications and Technologies, EU)

Uma vez que as diversas redes de telecomunicações usam diferentes tecnologias para transmitir informação verificam-se, por vezes, incompatibilidades e problemas de interoperabilidade entre elas.

A solução, passa pela adopção de várias arquitecturas e/ou tecnologias associadas aproveitando o melhor que cada uma tem para oferecer ao mundo das telecomunicações, havendo por isso a constante necessidade de adaptar tais arquitecturas/tecnologias que muitas delas não tiveram como inicial objectivo o mercado das telecomunicações.

O desenvolvimento de redes multi-serviços capazes de integrar os serviços, conseguido através da interacção das diversas redes com a sobreposição de várias tecnologias: IP (*Internet*

Protocol) sobre ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) sobre SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) sobre WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), foi a solução. Foram assim utilizadas tecnologias de comutação de pacotes que se baseiam em ligações não conectadas (como é o caso do IP) sobre tecnologias que se baseiam em ligações conectadas (como por exemplo, o ATM e o SDH) com a finalidade de transmitir voz e dados sobre a mesma infra-estrutura.

Este percurso evolutivo tem vindo a ser constantemente adaptado e actualizado à realidade das necessidades crescentes de banda larga e dos novos serviços, caminhando-se então para as chamadas Redes de Nova Geração (RNG), capazes de transportar e encaminhar vários sinais e tráfegos de modo eficiente, com capacidade de fornecer todos os requisitos necessários ao transporte de vídeo, voz e dados, tornando possível uma convergência das diversas redes de telecomunicações.

Fala-se actualmente da transformação da rede de acesso, e quiçá também da rede de cliente, numa rede com características tecnológicas similares às já usadas, há alguns anos, na rede core, sendo o meio físico usado, o meio óptico. Para satisfazer as necessidades de banda larga dos utilizadores, levar-se-á fibra até mais perto do utilizador final, proporcionando assim maior largura de banda a cada utilizador.

Redes capazes de suportar mais e melhores serviços e com a capacidade e fiabilidade de levar até casa do cliente esses novos serviços até aqui impossíveis de serem disponibilizados como o HDTV ou VoD, as chamadas Novas Redes de Acesso.

2.1. Novas Redes de Acesso (NRA)

Uma vez que a rede de acesso dos operadores de televisão por cabo dispunha de uma largura de banda elevada, comparada com a rede de cobre bifilar do operador histórico, uma vez que era necessário transmitir sinais de vídeo, tornaram possível o seu uso para transmissão de sinais de voz e dados (que necessitam de menor largura de banda), tendo como principal impedimento o facto da transmissão no sentido ascendente ser ainda impossível.

Ultrapassado esse impasse, é hoje possível aceder a serviços de voz, acesso à Internet e distribuição de televisão através dum único acesso por cabo coaxial. No entanto, ainda não se pode chamar uma solução de convergência de redes, já que apenas no acesso existe essa convergência. São ainda necessários equipamentos dedicados a cada tipo de sinal, tanto do lado do operador, como do lado do assinante, para encaminharem os respectivos sinais.

Tem-se assistido nos últimos tempos à prestação de serviços por parte de operadores que tradicionalmente não tinham essa valência. Fazendo assim face aos operadores de cabo, os operadores de serviços telefónicos foram actualizando ou modificando as suas redes e passaram

a disponibilizar serviços triple play (vídeo, dados e voz), como o recente caso do serviço MEO da PT.

Um pouco por todo o mundo se tem investido em pesquisa e investigação com o intuito de migrar e implementar as novas redes de acesso. Exemplos disso são a Coreia do Norte, o Japão e os EUA que diferem na escolha das soluções a instalar.

Uma das líderes mundiais na quantidade de implementações de WDM-PON – rede passiva que usa multiplexagem do comprimento de onda, a Coreia do Norte, usa o *spectrum slicing*, que através de um laser emite diversos comprimentos de onda e onde filtros limitam a frequência enviada.

A empresa norte americana, Verizon tem investido imenso em pesquisas na tecnologia PON (tecnologia descrita mais á frente) e já tem muitas redes GPON estabelecidas, estima-se que este modelo se implemente muito nos EUA nos próximos anos.

O Japão também tem feito investimentos em redes tanto E-PON como G-PON.

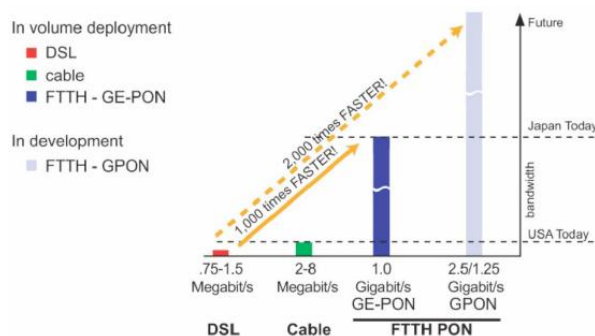


Figura 2-5 - Comparação da capacidade das diversas tecnologias e sua implementação

(Fonte: [16])

Na figura podemos ver em que posição está o Japão e os EUA relativamente à implementação das redes PON. Vê-se que as redes do tipo FTTH-PON têm elevadas taxas de transferência e que por isso serão cada vez mais as redes escolhidas para substituir as redes convencionais. [16]

A nível europeu, a discussão em torno desta problemática iniciou-se com o anúncio de planos de investimentos em NRA essencialmente por parte de alguns operadores históricos (ainda que alguns operadores alternativos tenham tido um papel fundamental no desenvolvimento de NRA, como aconteceu em França) e, mais recentemente, com posições preliminares de alguns reguladores, resultantes das diversas consultas públicas, em países como Alemanha, Reino Unido ou Holanda. [15]

A comissária europeia responsável por estes assuntos, Viviane Reding, tem vindo a alertar para os problemas concorrenciais com a adopção das NRA e sua necessária alteração principalmente no sector de acesso desagregado ao lacete local.

Está-se, neste momento, a elaborar um conjunto de recomendações, entre a Comissão Europeia e associações de reguladores europeus, com o intuito de regular o sector nomeadamente a nível concorrencial com a cedência de acesso ao lacete local e demais infra-estruturas, incluindo condutas.

De um modo geral, na Europa, parece haver uma variedade nas soluções NRA já em implementação ou em projecto.

Por exemplo, na Holanda, Itália e Alemanha, os operadores históricos anunciaram pretender migrar as suas redes para NRA, com a implementação de fibra óptica na rede primária até aos armários de rua. Mesmo optando por uma solução comum (FTTCab), a instalação é distinta nos vários países. De facto:

- Na Alemanha, a DT pretende efectuar um investimento faseado e numa parte limitada do território.
- Na Holanda, a cobertura de VDSL2 seria para a totalidade do território nacional, pretendendo a KPN desmantelar a totalidade dos repartidores principais e um conjunto de infra-estruturas e edifícios que alojam estes equipamentos (cerca de 1.400).
- Em Itália, o operador histórico admite instalar soluções FTTH em casos específicos, adoptando, de um modo geral e gradual, soluções VDSL2 ou G-PON (FTTB).

Outros países, estão a optar maioritariamente por soluções FTTB/FTTH, como por exemplo, a França, onde o operador histórico propõe-se, instalar fibra óptica até cerca de 1 milhão de casas, em 10 cidades, projecto que crescerá em 2009 e 2010, com vista ao desenvolvimento de ofertas de pacotes de serviços e ao acesso à banda larga fixa e móvel, procurando também responder a ofertas da concorrência (nomeadamente, em Paris, por parte da Iliad-Free⁶⁸ e Neuf-Cegetel) e mais recentemente de municípios (e.g. Bordéus, Nancy, Hauts-de-Seine, Seine Maritime, Região do Loire). No entanto, a France Telecom (FT) não exclui a implementação de VDSL em áreas rurais, em que para já avançará com ofertas “*triple play*” com distribuição de TV e VoD via satélite.

Também em França, a Numericable (operador de redes de distribuição por cabo) encontra-se a desenvolver uma rede, com base em soluções FTTx, por forma a poder concorrer com os operadores de rede fixa, sendo que no final de 2007 tinha já dois milhões de casas passadas (contrastando com 146 mil da FT e 120 mil da Neuf-Cegetel).

Esta informação, ainda que escassa, permite verificar que, mesmo dentro de um dado país, haverá diferentes implementações de NRA, dependendo das condições específicas em cada área e abordagem adoptada por cada operador.

No Reino Unido, a Openreach iniciou, em Fevereiro de 2008, um teste de implementação de acesso em fibra óptica na região de Ebbsfleet Valley em Kent (na qual o FTTH está a ser instalado em 10 mil lares) e, a partir de Agosto de 2008, se pretendia disponibilizar aos clientes residenciais, banda larga baseada em fibra óptica e com velocidade de 100 Mbps.

Em Espanha, a Telefónica encontra-se a desenvolver um teste-piloto em VDSL2, cuja informação se encontra reservada à CMT – regulador espanhol de telecomunicações - e aos operadores.

As diferentes abordagens parecem decorrer, por um lado, das condições concorrenciais em cada país – por exemplo, na Holanda existe uma forte pressão concorrencial por parte dos operadores de redes de distribuição por cabo, nomeadamente ao nível das ofertas de banda larga – e da procura de novos serviços (e de mais receita, por parte dos operadores) e, por outro lado, das condições no terreno – um maior ou menor custo na construção de infra-estruturas (ausência de acesso às condutas, por exemplo) ou a existência de limitações na rede de acesso (e.g. lacetes longos). [15]

Resumindo, na Europa, não há ainda uma definição geral a seguir, daí que diversos países, e principalmente, operadores, não tomaram ainda uma posição totalmente definida, para implementarem as ditas NRA, visto que a maioria dos reguladores dos diversos países europeus, ainda nada tem estipulado, como rumo a seguir em termos de regulação.

Portugal, já tem algo definido sobre esta temática. A ANACOM, a autoridade regulatória das comunicações nacionais, prevê já uma regulação definida, incluindo preços e até níveis de QoS exigidos para as NRA, como referido no Capítulo 4.

Acesso a condutas e a infra-estruturas são aí indicados como factor de salutar concorrência para uma implementação cada vez maior das novas redes de acesso em território nacional.

Na imagem seguinte podem ver-se as actividades já desenvolvidas a nível mundial no que respeita a esta temática das redes de acesso do tipo FTTH:

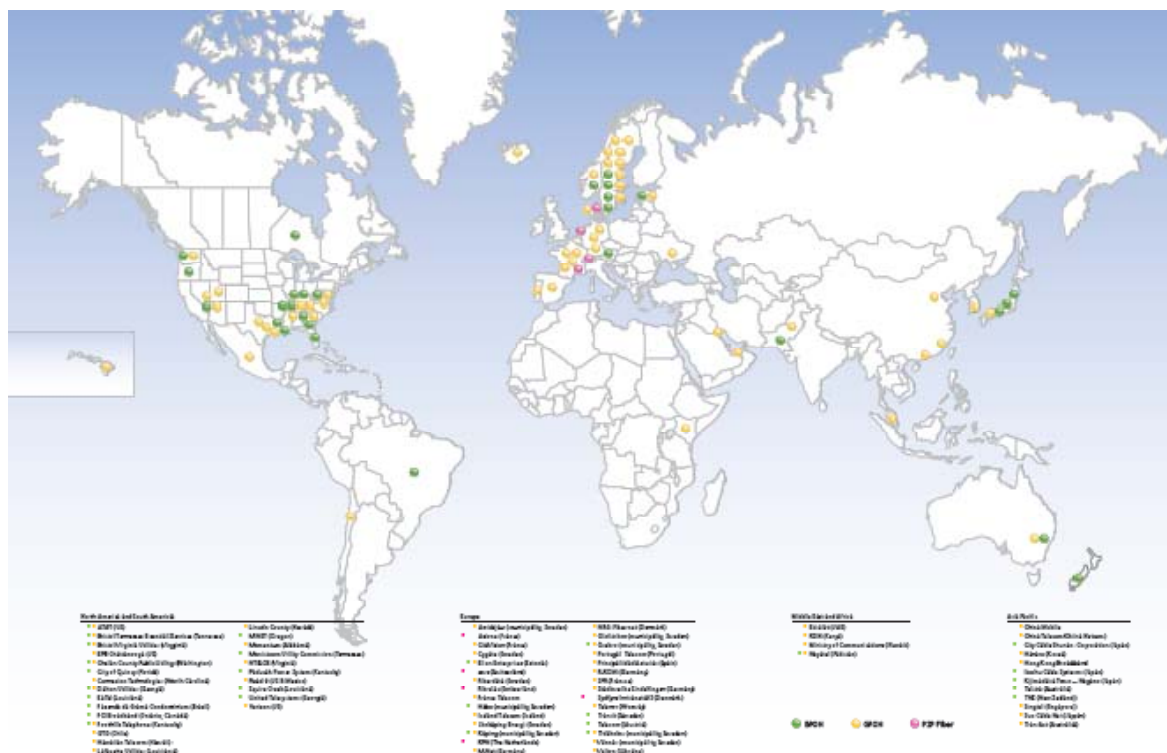


Ilustração 2-1 - Referências Mundiais sobre FTTH

(Fonte: Alcatel-Lucent [18])

2.1.1. Características Gerais

As Novas Redes de Acesso são então redes de acesso com larguras de banda na ordem de alguns gigas, várias ordens de grandeza acima da largura de banda disponibilizada pela existente rede bifilar de cobre, tendo como suportes físicos a fibra óptica e/ou redes de rádio com elevada capacidade tais como o LTE ou o Wimax, entre outros (apesar desta dissertação focar apenas o meio óptico como meio de transmissão). São redes totalmente digitais, com encaminhamento de pacotes usando para isso a tecnologia IP, compreendendo toda a infra-estrutura necessária para que os assinantes acedam aos serviços de telecomunicações, com uma QoS adequada. Fazem assim parte destas redes os equipamentos de transmissão e multiplexagem que garantem largura de banda entre o utilizador e a rede nuclear, inalcançáveis com as actuais redes de acesso usando o cabo bifilar de cobre como meio de transmissão.

Contudo, nem sempre é fácil definir a delimitação ou aplicação da rede de acesso, já que depende de diversos factores como sendo a limitação geográfica ou o facto de a rede ser pública ou privada, não esquecendo também o seu uso para transmissão de dados, como o caso da interligação das *Base Stations* com as centrais dos operadores de rede móvel.

Importa pois, compreender melhor o que são as redes de acesso e quais as suas estruturas actuais, as arquitecturas e tecnologias usadas nomeadamente nas redes telefónica e de televisão por cabo, sendo estas as que têm sido mais implementadas, mas não descurando as redes de acesso fixo via rádio, já que poderão vir a ter muitas aplicações na implementação das Novas Redes de Acesso.

3. Soluções Previstas para as NRA, usando fibra óptica como meio de transmissão

Esta evolução das redes de acesso pode assumir várias soluções ou configurações, podendo ser faseada, iniciando-se pela redução do comprimento dos lacetes em par de cobre (ligando-os a pontos de acesso secundários mais próximos do cliente final, onde é instalado o DSLAM, os quais, por sua vez, são ligados à central do operador através de fibra óptica), e evoluindo para soluções onde o lacete poderá ser constituído totalmente em fibra óptica (as designadas soluções de fibra óptica até casa – FTTH). Às diferentes soluções estão associados diferentes níveis de investimento e de disponibilidade de largura de banda ao cliente final, sendo no entanto característica comum a aplicação de fibra óptica monomodo (SMF – *Single Mode Fiber*) na rede de acesso, ainda que em maior ou menor extensão, conforme a abordagem seguida.

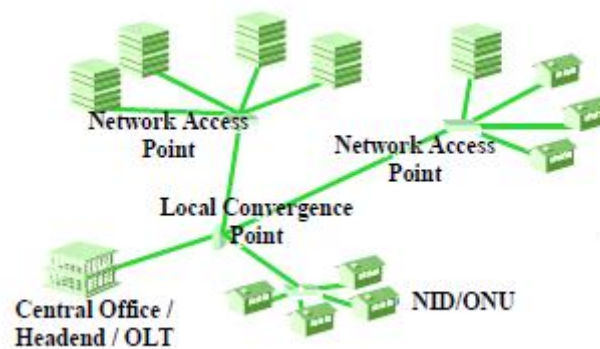


FIGURA 3-1 - Distribuição da Rede

(Fonte: Corning [])

Desde a década de 90 que se tem colocado uma grande expectativa nas soluções de fibra óptica na rede de acesso, como sendo capazes de resolver definitivamente o problema de fazer chegar a cada cliente um acesso de banda larga, que permita aceder aos serviços de voz, vídeo e dados com um nível de QoS adequado a estes.

3.1. Características da Fibra Óptica

A fibra óptica é um guia de onda cilíndrico, que apresenta na sua constituição o núcleo (por onde as ondas electromagnéticas são guiadas), a bainha e camadas de protecção. A diferença entre o índice de refacção do núcleo e da bainha permite o confinamento das ondas electromagnéticas que se propagam no núcleo.

Dependendo da aplicação final (aplicação em condutas ou em postes), a fibra pode ser envolvida por mais camadas protectoras. No interior do cabo há um enchimento que fixa as fibras e as protege da humidade e compressão.

Como factores que levam à escolha da fibra, como meio que poderá revolucionar a rede de acesso temos a considerar as pequenas dimensões dos cabos de fibra, o seu reduzido peso, e espaço físico, comparativamente a cabos metálicos, não é afectada por fenómenos como campos magnéticos nem corrosão, ao contrário dos cabos coaxiais e dos pares de cobre entrançados, e não é influenciada por efeitos meteorológicos, ou pelo relevo do terreno e dimensão de edifícios, como acontece com as comunicações *wireless*.

Os cabos de fibras ópticas são definidos em termos da sua construção física (diâmetros de núcleo/bainha) e categoria. As fibras ópticas utilizadas em determinado canal de transmissão devem ter a mesma especificação técnica de construção e pertencerem à mesma categoria.

Deverão ser consideradas as recomendações da ITU-T G.652 D, G.655 C e G.657.

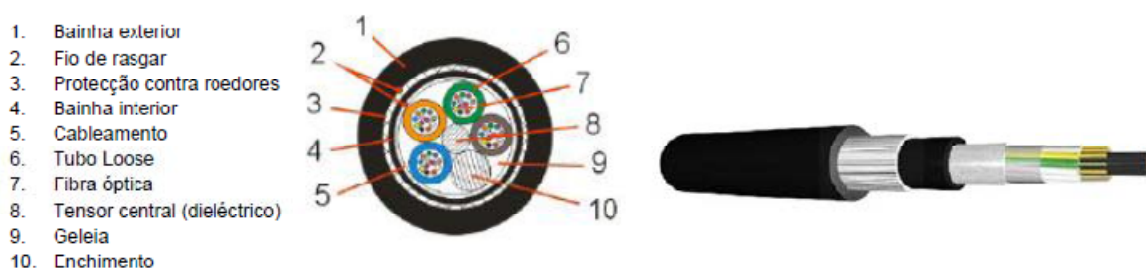


Figura 3-2- Cabo de fibras ópticas para conduta [5]

Um dos factores que levou a que ainda não fosse usada a fibra óptica de um modo massivo foi o facto desta não ser um meio de transmissão totalmente perfeito. As impurezas decorrentes do seu modo de fabrico e pequenas variações do índice de refração, provocam a distorção da transmissão do sinal com fenómenos de absorção da luz.

Foi com a evolução no seu modo de fabrico e estudo destes fenómenos e em concreto da atenuação relacionada com o comprimento de onda que se tem conseguido melhorar em grande escala a pureza da fibra óptica.

Foram então descobertas 3 “grandes” janelas do espectro da fibra onde a atenuação é mínima, conseguindo-se assim menor perda de dados dos sinais a transmitir.

Os comprimentos de onda correspondentes a estes mínimos são os utilizados pelos sistemas de transmissão (850 nm, 1310 nm e 1550 nm).

Na seguinte figura vê-se a relação entre o comprimento de onda e a atenuação da fibra óptica, bem como os 3 níveis mínimos de atenuação.

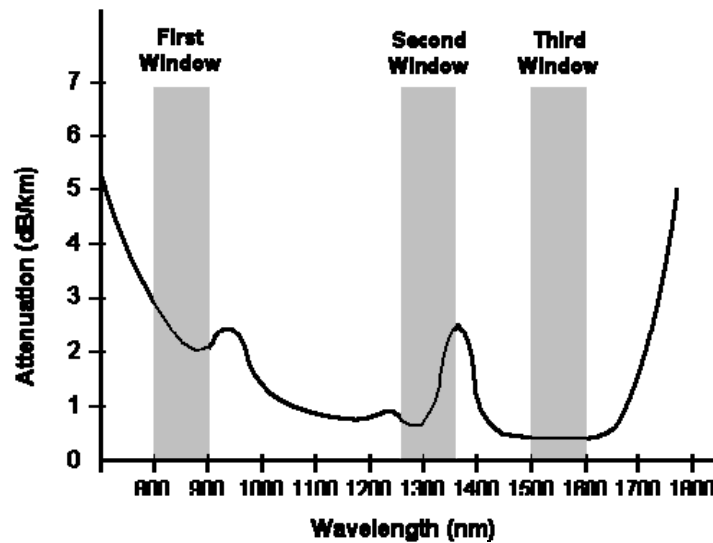


Figura 3-3 - Relação entre o comprimento de onda e a atenuação na fibra óptica [26]

Ainda assim a utilização da fibra óptica carece de um estudo prévio já que esta, pelas suas características físicas, tende a ter um comportamento diferente do esperado perante atenuações provocadas por raios de curvatura excessivos e/ou fusões ou conectorizações mal efectuadas.

3.2. Graus de Penetração de Fibra Óptica nas Novas Redes de Acesso

Perspectivam-se 3 principais graus de penetração, para a evolução das redes de acesso:

- Soluções baseadas apenas em fibra óptica – FTTH, onde a fibra é o único meio de transporte desde a estação telefónica central até à rede do cliente.
- Soluções híbridas – FTTC, FTTCab, FTTN, onde serão usados em parte da rede, ainda o cabo coaxial (HFC – *Hybrid Fiber Coax*), ou mesmo o cobre entrançado existente.
- Soluções baseadas em FWA – *Fixed Wireless Access*.
Esta solução visa implementar rede *Wireless* no todo ou em parte das redes de acesso, usando redes rádio como meio de transmissão interligando-se através de fibra óptica com as centrais telefónicas.

A imagem que se segue pretende esquematizar resumidamente os diferentes graus de penetração da fibra no seio das redes de acesso.

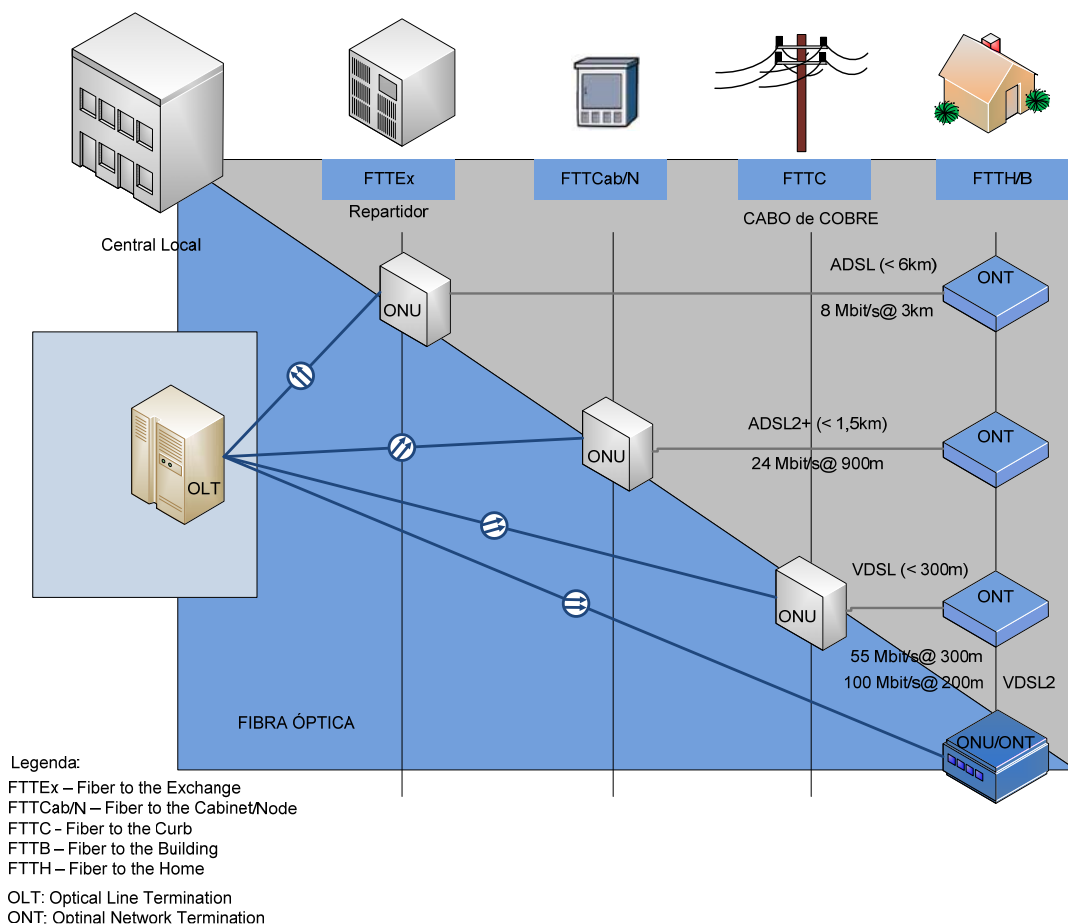


Figura 3-4 – FTTx

3.2.1. FTTN/FTTCab - Fiber to the Node/Fiber to the Cabinet

Esta arquitectura é constituída por cabos ópticos desde a central até ao armário de distribuição servindo áreas relativamente reduzidas, com cerca de 1500m de raio. Destinam-se a uma distribuição para uma densidade populacional de algumas centenas de utilizadores, como seja um bairro. A ligação ao armário será suportada por cabo coaxial ou o tradicional par de cobre.

As taxas de transmissão são variáveis, dependendo do protocolo usado e da distância a que o cliente se encontra do respectivo armário.

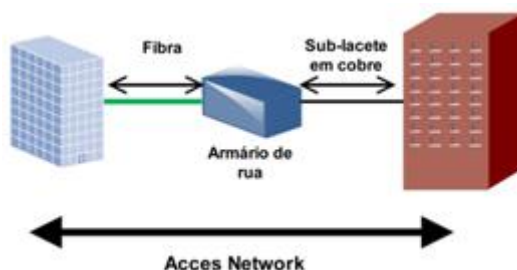


Figura 3-5 - FTTCab/Node [27]

3.2.2. FTTC - Fiber to the Curb

Esta arquitectura descreve a implementação de fibra óptica desde o central office até um armário que agrega uma pequena área de cerca de 300m de raio, associado a uma pequena densidade populacional, que se interligam a esse armário através de cabo coaxial ou par entrançado de cobre.

Esta arquitectura difere da designada por FTTCab principalmente no factor de alcance da fibra.

Num cenário em FTTC, a fibra é distribuída por armários de rua perto da residência do assinante. Em oposição, em FTTCab, a fibra liga-se a armários que se situam a maior distância das residências dos clientes.

Em FTTC faz-se uso das infra-estruturas existentes e cabos já implementados, quer eles sejam coaxiais ou pares de cobre, reduzindo assim os custos de implementação da rede com a perda da largura de banda como principal aspecto negativo.

3.2.3. FTTB - Fiber to the Building

Esta arquitectura diz respeito à implementação de fibra óptica desde o *central office* até à entrada dos edifícios quer eles sejam residenciais ou empresariais.

A ligação entre o armário situado à entrada do edifício e o equipamento do utilizador é assegurado por meio de pares de cobre, cabo coaxial ou FWA.

Quando o sinal óptico chega à residência do assinante, é convertido em sinal eléctrico.

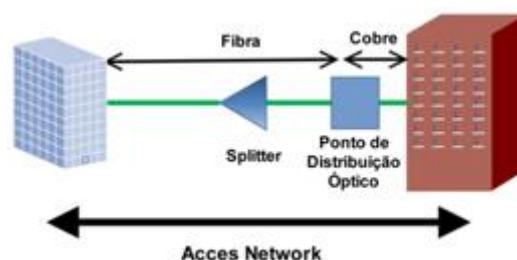


Figura 3-6 – FTTB [27]

3.2.4. FTTH – Fiber to the Home

Este cenário contempla a implementação de fibra óptica em toda a rede de acesso, ou seja, desde a central de distribuição, até ao equipamento final, colocado na residência do cliente.

Esta arquitectura é pois uma outra solução, em que não se faz uso em parte alguma do “percurso”, da rede existente, servindo o assinante apenas por meio de fibra óptica.

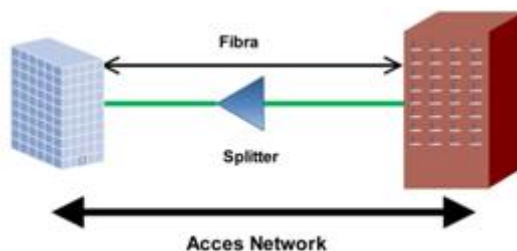


Figura 3-7 – FTTH [27]

Nos cenários FTTH e FTTB os equipamentos do utilizador, quer eles sejam sistemas de voz, dados ou de vídeo/imagem, estão todos ligados a um ONT – *Optical Network Terminal*, que se interliga com a rede exterior por meio de fibra.

É neste dispositivo que o sinal óptico é convertido em sinal eléctrico e distribuído pelos diversos equipamentos. Podem ainda ser colocados equipamentos como routers ou modems entre o ONT e o equipamento final com a finalidade de converter o sinal para o protocolo apropriado, suportado pelo equipamento em questão. [21]

3.2.5. HFC

As redes denominadas por HFC – Hybrid Fiber Coax são redes que aproveitam a rede já existente de cabo coaxial mas que são interligadas entre o ponto de distribuição e a central por meio de fibra óptica usando como protocolo de suporte o DOCSIS.

O DOCSIS é um sistema de comunicação ponto-a-multiponto, entre o CMTS (*Cable Modem Termination System*), e os CM (*Cable Modem*) nas instalações do cliente.

Tem em relação a outras redes a desvantagem da partilha da rede que limita a largura de banda por utilizador. Contudo apresenta menores investimentos já que se faz uso de infra-estruturas existentes.

3.2.6. FWA

Os sistemas FWA (*Fixed Wireless Access*) são uma solução para a ligação do último troço da rede de telecomunicações ao cliente, através de tecnologia rádio que substitui o cabo que liga os clientes à rede core. É também usada a terminologia WLL (*Wireless Local Loop*) para designar este tipo de sistemas.

Não confundir FWA com os sistemas usados em telefonia móvel que são desenvolvidos para lidar com estações terminais em movimento.

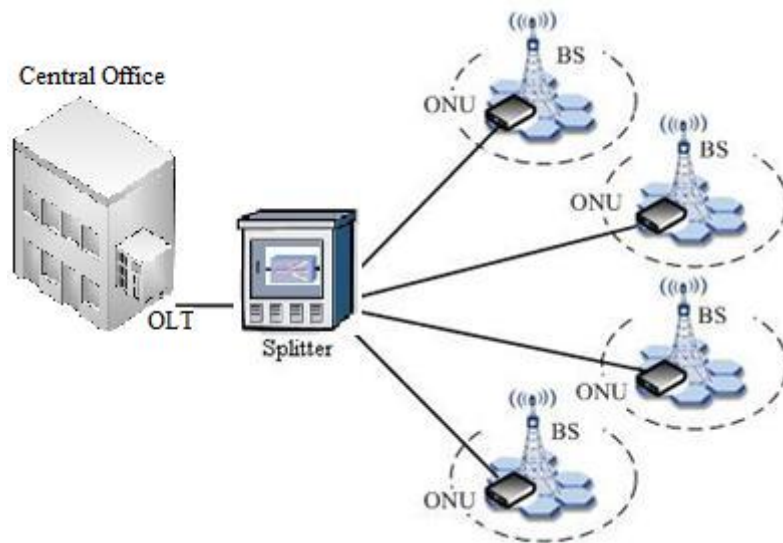


Figura 3-8 - FWA

Vários cenários podem ser considerados, aplicando o conceito das FWA:

1. Ligação directa do nó de rede local ao assinante;
2. Ligação do ponto de distribuição de área/edifício ao assinante;
3. Ligação do nó de rede local ao ponto de distribuição da área/edifício.

Nota: No ponto 3, a ligação desde o ponto de distribuição de área/edifício até a casa do cliente é suportada por cabo óptico, coaxial ou par entrançado.

3.3. Architecturas usadas nas NRA (P-M-P/P-2-P)

Falando um pouco sobre as NRA e mais concretamente das arquitecturas das NRA, podemos dizer que estas se agrupam em duas categorias principais: podem ser do tipo ponto-a-ponto ou arquitectura estrela, mediante a sua distribuição.

Na arquitectura ponto-a-ponto saem do *Central Office*, um número de fibras igual ao número de clientes que se pretende, havendo por isso uma fibra dedicada para cada cliente. Já a arquitectura em estrela é uma arquitectura ponto-a-multiponto, onde existe a partilha da fibra desde a *Central Office* ao nó remoto onde os sinais são comutados, multiplexados ou divididos e encaminhados para a casa de cada utilizador através de uma fibra dedicada.

Ainda se faz a distinção de arquitecturas em estrela activas ou passivas, dependendo se o nó remoto tem ou não alimentação. A estrela passiva pode ser constituída por um único comprimento de onda (todas as unidade de alojamento são servidas por um comprimento de onda comum) ou um sistema WDM (*Wavelength Division Multiplexing* – cada cliente é servido por um comprimento de onda diferente).

Dentro destas arquitecturas, as redes podem ainda ser divididas em passivas e activas, consoante os equipamentos usados tenham ou não necessidade de serem alimentados.

3.4. Tecnologias relacionadas com as NRA (PON, GPON, EPON)

Como já referido, a nível de tecnologias, podemos encontrar redes de acesso activas e passivas. As redes activas são aquelas onde há a necessidade de instalar no seio da rede equipamentos “activos” que por isso serão alimentados com energia. Pelo contrário, as redes passivas, como o próprio nome indica não tem essa imposição, admitindo apenas equipamentos sem recurso a alimentação externa.

Passam a descrever-se as diversas tecnologias activas e passivas que se prevêem com a adopção das novas redes de acesso.

3.4.1. Home Run Fiber - P2P

A arquitectura *Home Run Fiber* usa o protocolo Ethernet e diz-se arquitectura ponto-a-ponto, visto que um cabo óptico liga um OLT (Optical Line Terminal), que se encontra no Central Office, a um ONT (Optical Network Terminal), situado na casa do assinante. Tanto o OLT como os ONUs são equipamentos activos (necessitam de energia eléctrica) estando equipados com um laser óptico.

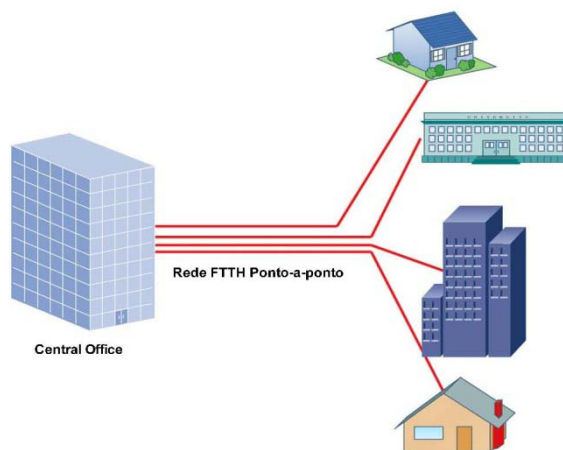


Figura 3-9 - Arquitectura P2P [27]

Os assinantes podem situar-se a uma distância de, no máximo, 80 km do OLT, tendo cada um deles uma fibra dedicada que lhes garante largura de banda sem ser partilhada e bidireccional. Como cada utilizador tem uma fibra dedicada, esta arquitectura requer a instalação de muito mais fibra que as outras opções. Os custos da fibra e a quantidade de fibra associada a esta arquitectura tornam esta rede demasiado cara e inconveniente para muitos serviços, parecendo

por isso menos atractiva, mas será a longo prazo, a arquitectura mais flexível para expansões futuras e disponibilização de novos serviços.

3.4.2. Active Ethernet

Esta arquitectura ponto-a-multiponto, também designada por *Ethernet Switched Optical Network* (ESON) é uma arquitectura onde múltiplos utilizadores partilham uma fibra óptica até um nó remoto, situado entre o *Central Office* e a unidade de alojamento do cliente. No nó remoto o sinal eléctrico é comutado para o respectivo destino através de conversões óptico-eléctrico-óptico, em equipamentos electrónicos, como *switches* ou *multiplexers*, realizando-se, neles também, a agregação da fibra de acesso. Assim, múltiplos assinantes podem partilhar um mesmo nó remoto, através de ligações dedicadas. Tal como na arquitectura *Home Run Fiber*, os assinantes podem estar afastados do CO no máximo 80 km. Esta arquitectura tem por base a tecnologia Ethernet, beneficiando de uma topologia de rede muito simples fornece uma grande flexibilidade para crescimentos futuros.

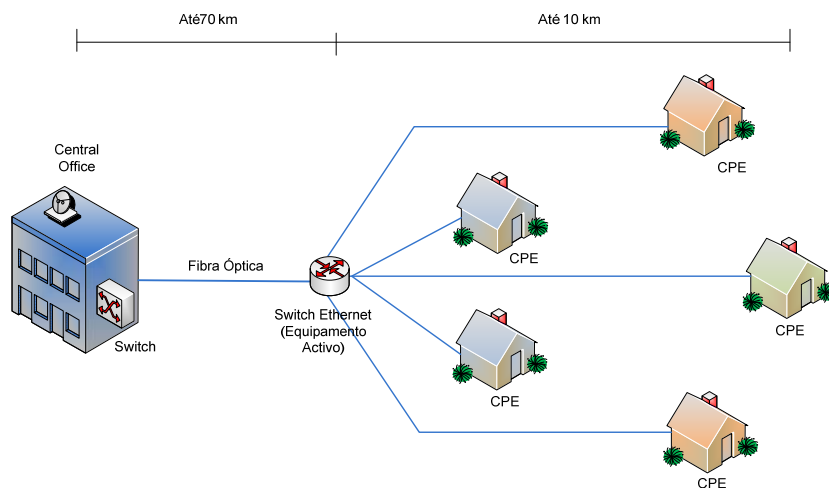


Figura 3-10 - Active Ethernet

(Fonte: Relatórios da OCDE [13])

Comparativamente à arquitectura P2P, esta arquitectura apresenta menor desempenho, já que a fibra (e a largura de banda) é partilhada por múltiplos utilizadores, entre o CO e o nó remoto. No entanto, a arquitectura Active Ethernet reduz a quantidade de fibra necessária, reduzindo os custos de implementação através da partilha de fibra.

3.4.3. PON

Passive Optical Network (PON) é uma tecnologia que usa uma arquitectura ponto-a-multiponto, ou seja, uma arquitectura de rede onde o meio é partilhado por múltiplos utilizadores. São usados *splitters* ópticos passivos para dividir a largura de banda de uma única fibra para até 64 utilizadores, podendo percorrer uma distância de 20 km, no máximo, neste tipo de arquitecturas.

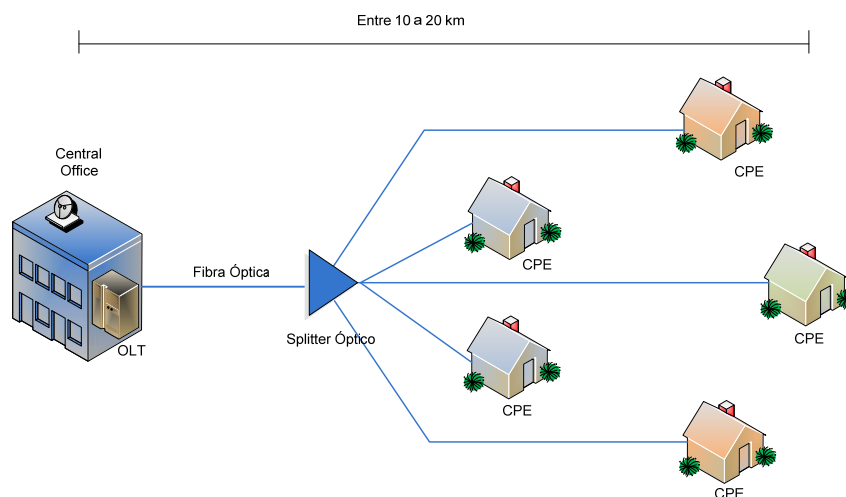


Figura 3-11 - PON

(Fonte: Relatórios da OCDE [13])

Houve várias evoluções dentro da tecnologia PON. A primeira a aparecer foi a APON (*ATM Passive Optical Network – ITU-T G.983*), usada em aplicações empresariais permitindo taxas de transferência de 622 Mbps no sentido descendente e 155 Mbps no sentido ascendente, utilizando o protocolo ATM. Esta tecnologia evoluiu para BPON (*Broadband PON*), permitindo WDM e alocação dinâmica de largura de banda para upstream (*DBA – Dynamic Bandwidth Allocation*). Esta alocação dinâmica da largura de banda tem a capacidade de fornecer diferentes prioridades na atribuição da largura de banda aos assinantes, de forma a que os requisitos dos diferentes serviços e aplicações sejam suportados. Esta tecnologia oferecia serviços baseados em ATM, distribuição de vídeo e acesso Ethernet. Tinha no entanto, as desvantagens de apenas fornecer largura de banda de cerca de 622 Mbps no sentido descendente e 155 Mbps no sentido ascendente e ser muito cara.

Foi ainda desenvolvida outra tecnologia PON usando protocolos Ethernet e IP em vez de ATM e SONET, a GE-PON (*Gigabit Ethernet PON – IEEE 802.3ah*). É uma norma direccionada para o uso de Ethernet para pacotes de dados que fornece taxas de transmissão simétricas de cerca de 1 Gbps. Esta tecnologia tem menor custo de implementação pois o processamento de pacotes Ethernet é muito mais barato que o processamento dos pacotes ATM e SONET, já que estes protocolos requerem um controlo de tempo preciso e sincronizado, tornando os circuitos muito caros. No caso dos pacotes Ethernet, a sua reassemblagem é insensível ao tempo (os pacotes percorrem a rede de forma não sincronizada), tornando o seu processamento mais barato.

Numa PON, o OLT situado no C.O. liga-se ao ONT situado na unidade de alojamento do cliente. A arquitectura é designada passiva pois todos os equipamentos localizados entre a *Central Office* e o ONT, como *splitters* e restantes equipamentos intermédios são passivos, apenas os OLT e ONT colocados nos extremos da redes necessitam de alimentação externa. Tal como na arquitectura *Home Run Fiber*, a PON utiliza dois comprimentos de onda: 1310 nm para *upstream* e 1510 nm para *downstream*.

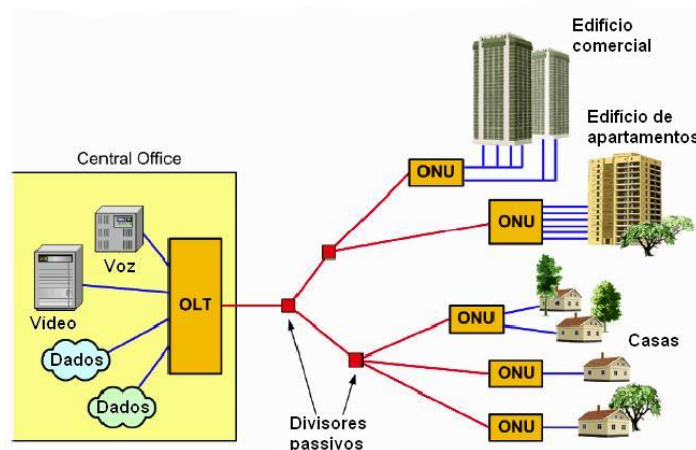


Figura 3-12 - Elementos de uma Rede PON [16]

3.4.4. GPON

A GPON (*Gigabit PON – ITU-T G.984*) foi a evolução da BPON impulsionando o aumento da largura de banda total e largura de banda eficaz, através do uso de pacotes maiores e de tamanho variável, fornecendo então, taxas bastante mais elevadas (2.5 Gbps no sentido descendente e 1.25 Gbps no sentido ascendente). Consegue a convergência de serviços de voz e dados e permite o transporte de múltiplos serviços na sua forma nativa, especificamente TDM e a escolha do protocolo (ATM, GEM, Ethernet).

GPON suporta eficazmente os serviços da rede legada, os serviços actuais e até serviços futuros. Isto só é possível através do método de encapsulamento GEM (*GPON Encapsulation Method*) que fornece comunicação orientada à ligação (*connection-oriented*) baseando-se numa versão ligeiramente modificada do método de envio de pacotes IP através de redes SDH. Níveis de segurança podem ser implementados através de várias técnicas de encriptação, entre elas AES.

A GPON suporta diferentes taxas de transmissão para tráfego *upstream* e *downstream*, sendo as mais comuns 1.25Gbit/s e 2.5Gbit/s. Esta norma fornece largura de banda e qualidade de serviço (QoS) diferenciando clientes por forma a rentabilizar ainda mais a rede.

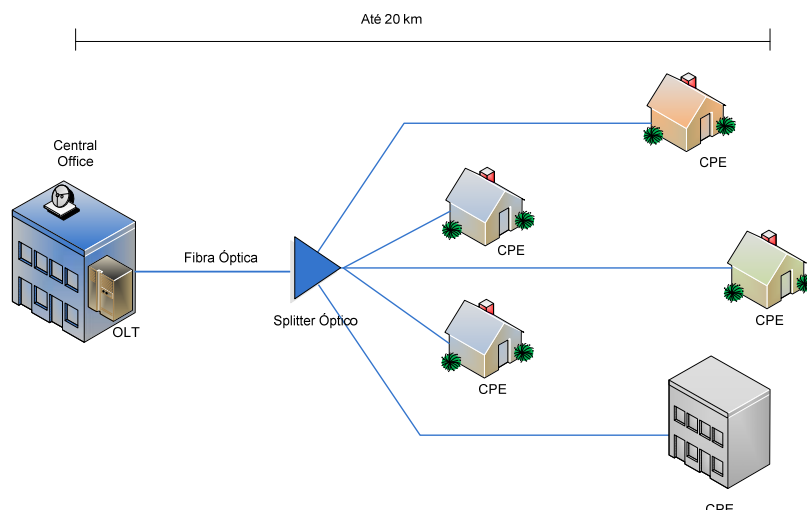


Figura 3-13 - GPON

GPON disponibiliza serviços como IPTV ou CATV. O IPTV é o serviço de vídeo baseado no *multicast* IP, isto é, diferentes programas são configurados com diferentes endereços multicast e chegam ao ONU através de uma série de servidores de *broadcast*. No caso do CATV, sinais analógicos dos tradicionais canais de TV são transmitidos através dos cabos. Através da conversão eléctrico-óptico, um fluxo de vídeo é convertido num sinal óptico no OLT e agregando outros sinais ópticos no GPON, com comprimentos de onda diferentes (sinais de vídeo RF utilizam comprimento de onda de 1550 nm). As ondas ópticas são transmitidas num fluxo descendente através da fibra óptica. Depois das ondas chegarem aos ONU, os sinais de vídeo são separados para fornecer serviços de vídeo.

Tabela 3-1 - Taxas de Transmissão em GPON [27]

Direcção do fluxo	Taxa de Transmissão
<i>Downstream</i>	1244.16 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s
<i>Upstream</i>	155.52 Mbit/s
	622.08 Mbit/s
	1244.26 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s

3.4.5. EPON

As redes EPON usando o cabo óptico como meio de transporte, apresentando uma arquitectura ponto-a-multiponto que suporta velocidades até 1 Gbps e permite um alcance de 20 km, assentes nos protocolos Ethernet e IP. As EPON baseiam-se na norma Ethernet, enquanto

outras tecnologias PON se baseiam na norma ATM. Este facto permite utilizar equipamentos IP, tanto na residência do assinante como no *Central Office*, tornando estas redes adequadas ao transporte de qualquer tipo de tráfego, desde dados (pacotes) a transporte de voz e vídeo (sensíveis a atrasos temporais).

Os equipamentos usados, nestas redes, são OLT (*Optical Line Terminal*), cabos ópticos e *splitters* e ainda ONU (*Optical Network Unit*). O OLT encontra-se no *Central Office* e não é mais que um *switch* Ethernet ou uma plataforma *Media Converter*. O ONU está, na maior parte dos casos, instalado nas residências dos assinantes podendo, no entanto, estar instalado numa sala técnica comum num edifício ou num armário de rua. A rede de fibra entre o OLT e o *splitter* é partilhada, enquanto a rede que liga o *splitter* ao ONU é dedicada a cada assinante.

Os sistemas baseados nesta tecnologia multiplexam os sinais com diferentes comprimentos de onda para transmissões no sentido descendente (*downstream*) e no sentido ascendente (*upstream*).

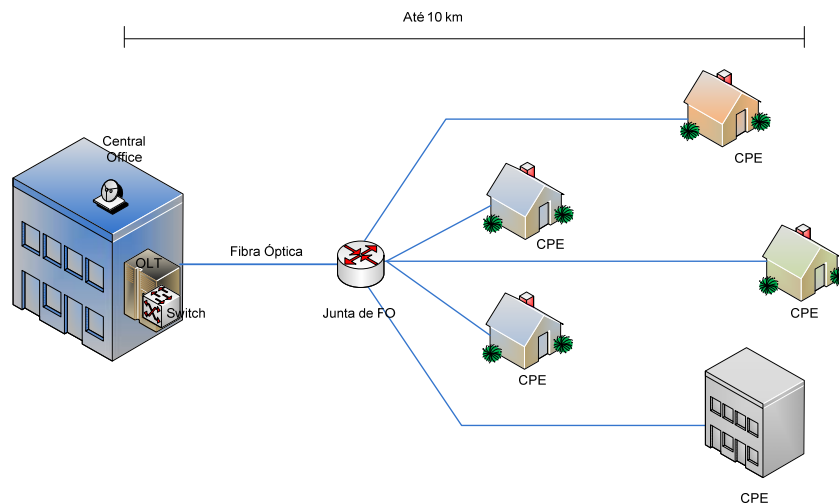


Figura 3-14 - EPON

3.5. Cenários evolutivos das Tecnologias (10GPON; WDM PON, ...)

3.5.1. 10GPON

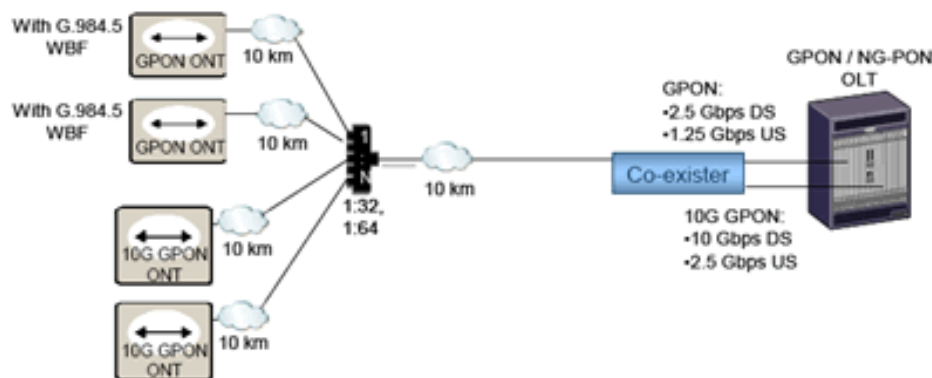
Para satisfazer o crescente aumento da necessidade de largura de banda, os actuais sistemas 2,5 GPON serão adaptados para suportar 10 Gbit/s no sentido *downstream*. Num cenário residencial com distribuição de HDTV, o 10GPON será capaz de suportar *streams* de vídeo simultâneos, ao mesmo tempo que suporta a gama completa de serviços unidireccionais

personalizados (*unicast*), bem como serviços de *Broadcast* de canais TV convencionas. Prevê-se que o 10GPON irá encontrar a sua primeira aplicação em cenários como o FTTB e FTTC.

O candidato mais provável da próxima geração 10GPON terá um comprimento de onda de 2,5 Gbit/s no sentido *upstream*. Nos termos da FSAN, o candidato corresponde ao XG-PON1. A camada física e os componentes ópticos dos sistemas 10GPON devem ser atractivos em termos de custos, ao mesmo tempo que devem oferecer os mesmos níveis de potência (*link-budgets*) dos sistemas GPON. Especialmente para os ONT, devido ao seu elevado número, é de extrema importância usar componentes de baixo custo.

Tal como é exigido pela FSAN, um sistema 10GPON deverá ser capaz de coexistir com um sistema GPON já implantado no mesmo ONT. Um exemplo disso é apresentado na figura abaixo. A coexistência é viabilizada através da alocação do sistema 10GPON em comprimentos de onda diferentes daqueles utilizados pelo sistema GPON. Do lado do OLT, os dois sistemas são combinados com um filtro óptico do tipo “*co-exister*” (também chamado de “WDM1” na recomendação G.984.5). Nos ONT são utilizados os filtros WBF (*Wavelength Blocking Filter*) para bloquear comprimentos de onda indesejados.

Com a arquitectura da figura, os ONT GPON podem ser substituído por ONT 10GPON, se e quando for necessário, ou novos ONT 10GPON podem ser adicionados à rede.



Esquema 1 - Coexistência do GPON e do 10GPON

(Fonte: [16])

3.5.2. Acessos Baseados em DWDM (WDM-PON)

Na sequência da descrição do NG-PON2, muitos operadores e fornecedores da indústria vêem os acessos baseados em DWDM em geral, e em particular os sistemas WDM-PON como a tecnologia PON, a longo prazo mais interessante.

O acesso baseado em DWDM é uma tecnologia de transporte, onde diferentes serviços e redes podem coexistir na mesma fibra através da utilização de diferentes comprimentos de onda. O WDM-PON oferece uma alternativa à rede GPON por permitir que a transmissão e a recepção

de cada ONT ocorram num determinado comprimento de onda. Assim, a principal diferença entre WDM-PON e o uso de comprimentos de onda no GPON (para *overlay* de vários GPON e/ou 10GPON's) é que o WDM-PON poderá não usar o protocolo GPON, mas poderá usar, por exemplo, o Gigabit Ethernet ponto-a-ponto. Soluções híbridas onde cada comprimento de onda do WDM-PON seja usado para transportar um sinal GPON também serão possíveis.

Uma arquitectura típica WDM-PON poderia substituir o divisor óptico passivo (*optical power splitter*) por um filtro selectivo de comprimento de onda (*wavelength selective filter*). Esse filtro é frequentemente implementado através de um AWG (*Arrayed Waveguide Grating*).

Os benefícios do WDM-PON incluem:

- Largura de banda da camada física semelhante ao das tecnologias ponto-a-ponto, ou seja, não é necessária uma banda de programação (*scheduling*) como no GPON.
- O uso eficaz de fibra partilhada no máximo por 64 assinantes, contrastando com a fibra dedicada no caso da GPON.
- Permite longo alcance, ao contrário do divisor de alto débito (*high-loss power splitter*) utilizado na GPON. Usando níveis de potência (*link-budget*) de 28 dB e assumindo uma taxa de divisão (*split-ratio*) de 1:64, um WDM-PON com comprimento de onda de 1550 nm poderá alcançar mais de 80 km, em comparação com os cerca de 16 km para redes GPON.
- Separação física dos sinais dos assinantes.

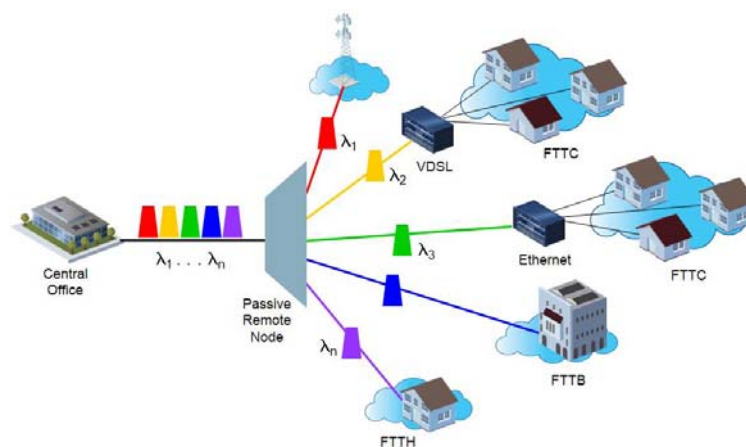


Figura 3-15 - WDM – PON [16]

O principal obstáculo para WDM-PON é o custo, uma vez que os emissores devem emitir luz num determinado comprimento de onda. Isto é especialmente crítico para os ONT, uma vez que este custo afecta directamente a rede de cada assinante, assim sendo, é necessário optar por instalar equipamentos de baixo custo usando comprimentos de onda adaptativos (*colorless*). Do lado do *central office*, o custo do sinal com múltiplos comprimentos de onda pode ser diminuído pelo uso de componentes com integração óptica.

Várias arquitecturas *colorless* foram propostas e pesquisadas durante a última década. A abordagem de laser sintonizável seria a mais natural. O comprimento de onda do ONT seria,

então, simplesmente configurado aquando da activação do serviço, oferecendo um elevado grau de flexibilidade e desempenho (alcance, taxa de bit, etc.). O problema do uso de componentes sintonizáveis é a necessidade de itens que podem afectar directamente o custo, tais como a necessidade do uso de referências ou *lockers* de comprimentos de onda. Outras técnicas mais ou menos arrojadas de WDM-PON foram igualmente propostas, mas muitas vezes descobre-se que são limitadas pela tecnologia (alcance, capacidade, etc.) ou pelo custo de implementação.

4. Aspectos normativos das Redes de Telecomunicações em Edifícios e Espaços Urbanizados

Neste contexto de mudança que se perspectiva num curto prazo, na rede de acesso, não se pode descorar e esquecer o problema das acessibilidades físicas existentes a nível da rede dos edifícios. Que importa chegar largura de banda de alta capacidade até ao ponto de distribuição do edifício, se para além deste não será disponibilizada essa largura de banda ao cliente que não poderá usufruir dessa capacidade e consequentemente dos novos serviços? Isto porque a rede de distribuição do edifício é inexistente, ou imprópria para albergar estes novos conceitos de redes de acesso.

Importa pois estudar esta problemática e identificar possíveis soluções para fazer face a essa imposição física que terá de ser ultrapassada e caminhar lado a lado com esta implementação das Novas Redes de Acesso, usando como meio físico a fibra óptica.

4.1. O Papel do Regulador

O desenvolvimento das actividades económicas e sociais, os enormes progressos tecnológicos verificados e as novas exigências decorrentes do ambiente concorrencial estabelecido em Portugal, impuseram a necessidade de formular novas regras para o projecto, instalação e gestão das infra-estruturas de telecomunicações em edifícios, construções e espaços urbanizados.

Assim, importa criar um salutar ambiente concorrencial com normas e regras reguladas por uma entidade supra operadores que as defina para que se possa migrar para essas NRA.

“Compete à Autoridade Reguladora Nacional desempenhar as funções de regulação, supervisão, fiscalização e sancionamento previstas na lei, nos termos das suas atribuições.”

Sic: "LEI DAS COMUNICAÇÕES ELECTRÓNICAS - Lei n.º 5/2004, de 10 de Fevereiro, rectificada pela Declaração n.º 32-A/2004, publicada a 10 de Abril, e alterada pelo Decreto-Lei n.º 176/2007, de 8 de Maio"

Tanto o regulador como o próprio Governo têm um papel fundamental no que toca à implementação destas novas redes de acesso.

É necessário criar condições definidas e reguladas de igualdade e direitos, para que se possa evoluir de forma concorrencial para essa realidade das NRA, não comprometendo os investimentos já efectuados pelos operadores.

Assim, uma das principais questões que deve ser analisada, do ponto de vista regulatório, no âmbito da evolução para NRA, é a forma de alcançar o objectivo de conciliar a promoção do investimento nestas redes e a manutenção do nível de concorrência no mercado, através do desenvolvimento de uma abordagem regulatória clara, transparente e consistente face aos desenvolvimentos que se perspectivam. [15]

Outras questões, não menos importantes, serão a definição das condições especiais, de implementação das NRA, em diferentes áreas geográficas e como incentivar os operadores a investir em regiões, não tão atractivas, para que as populações não fiquem info-excluídas pela sua localização.

4.2. Normas e Regulamentações

Mediante o cenário escolhido, podem aparecer diversos componentes que não estão necessariamente ligadas a todos os cenários.

Assim, importa também estudar a parte das infra-estruturas para a implementação das RNG nas redes de Acesso.

A ANACOM, Autoridade Nacional das Comunicações, como entidade que tutela a regulação do sector, tem vindo a elaborar uma série de inquéritos que visam a criação de manuais técnicos de construção e implementação de equipamentos numa rede de acesso para que seja feita de modo regrado e não haja assim atropelos e incumprimentos de normas que se acham necessárias para uma boa implementação das redes de telecomunicações. Desta feita e ao longo dos anos, foram sendo editadas e publicadas uma série de normas e regulamentações para assim se ter a noção do que é ou como deve ser feita a instalação da rede. Foi com a criação do manual RITA - Regulamento de Instalações Telefónicas de Assinante que se iniciou a regulamentação das instalações de infra-estruturas de telecomunicações em Portugal. Com o evoluir das redes, foi necessário reformular o regulamento até então existente (RITA), foi então criado e aprovado o manual ITED – Infra-estruturas de Telecomunicações em Edifícios, que conta com uma série de normas e regulamentações não só a nível de instalações em edifícios mas também a interligação destas com as redes de distribuição dos operadores.

Com a chegada, ou a previsível chegada e implementação das RNG no seio das redes de acesso, está-se novamente a repensar este manual e nas normas que deve contemplar para que operadores, instaladores e demais entidades associadas, tenham conhecimento de como se deve processar a instalação de equipamentos ou outras infra-estruturas ligadas às novas redes de acesso. Assim, mais uma vez, o regulador tem andado a inventariar um conjunto de requisitos com o intuito de editar uma nova versão do ITED e até um novo documento onde se faz a alusão às novas construções e modelos, como sejam as urbanizações e áreas privadas de alojamento

dando assim origem ao manual ITUR - Infra-estruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Conjuntos de Edifícios.

4.3. Estrutura e Modelos Organizativos das Redes dos Assinantes, como recomendado pelo ITED/ITUR

4.3.1. Nomenclatura ITED

Designa-se por ITED o regime de projecto e instalação das infra-estruturas de telecomunicações em edifícios e respectivas ligações às redes públicas de telecomunicações, bem como o regime da actividade de certificação das instalações e avaliação de conformidade de equipamentos, materiais e infra-estruturas. O ITED é regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 59/2000, de 19 de Abril (Ver em: <http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=12436>), estando tecnicamente apoiado no Manual ITED e nos procedimentos associados [12], editados pela ANACOM.

O ITED contempla todas as cablagens de telecomunicações do edifício, sejam elas em par de cobre, cabo coaxial ou fibra óptica. Para todas é necessária certificação.

As infra-estruturas de telecomunicações em edifícios (ITED) compõem-se de espaços, redes de tubagens, redes de cablagens e restante equipamento e material tais como conectores, tomadas e outros dispositivos.

Com o ITED, além da instalação de um Armário de Telecomunicações do Edifício (ATE) em cada edifício, que faz a ligação da rede pública à cablagem do prédio, passou a existir um ATI (Armário de Telecomunicações Individual) por unidade de alojamento, o que permite a cada consumidor obter facilmente em sua casa cada um dos serviços disponibilizados no edifício (voz, Internet, televisão).

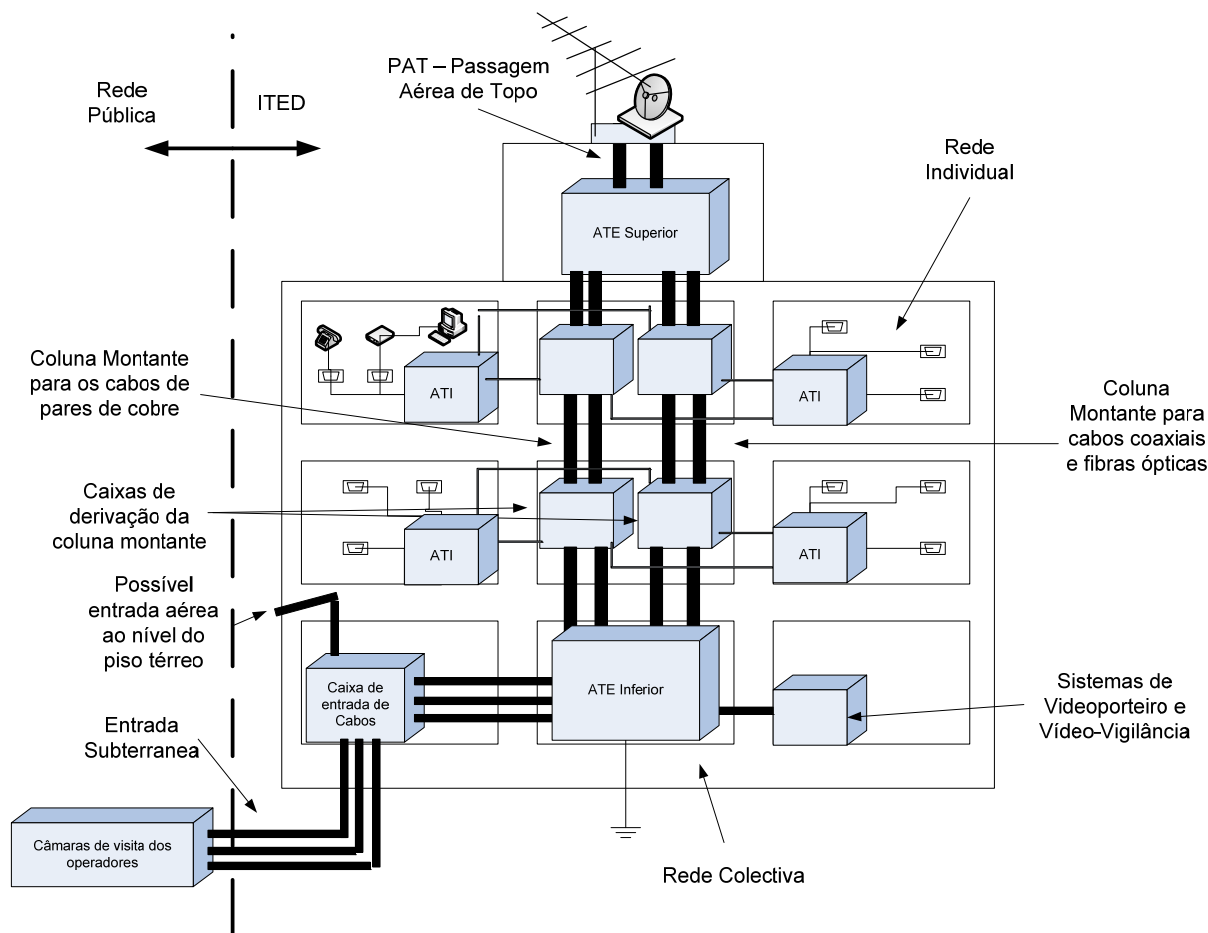


Figura 4-1 - Rede interna de um Edifício de Apartamentos [4]

A ideia é então que qualquer edifício, independentemente do seu local de construção, esteja abrangido pelas Prescrições e Especificações Técnicas das Infra-estruturas de Telecomunicações em Edifícios, descritas no Manual ITED.

Apesar das significativas melhorias que o actual regime de ITED apresenta face a normas anteriores, este mostra-se ineficiente e insuficiente num contexto de RNG. De facto, a grande maioria dos edifícios, qualquer que seja a sua data de construção, não se encontra preparada para receber ligações directas de fibra óptica. Neste contexto, considera-se ser essencial a sua revisão nos seguintes aspectos:

- Alteração dos espaços técnicos para instalação do *client premises equipment* (CPE) de modo a assegurar a respectiva ventilação activa e passiva e o seu adequado dimensionamento.
- Adaptação da cablagem interna das habitações de modo a prever o fornecimento de múltiplos serviços em fibra óptica nas suas várias divisões.

- Inclusão de capacidade de condutas excedentária para utilização futura. Sem esta capacidade adicional poder-se-á inviabilizar o acesso a futuros serviços como é o caso dos de domótica.
- A acessibilidade aos edifícios encontra-se por vezes condicionada à autorização dos condomínios ou à existência de um condómino com contrato já efectivado. Esta situação põe em causa o próprio modelo de negócio que, em geral, faz depender a venda do serviço da prévia construção da rede.

Ficam de seguida algumas anotações, retiradas do Manual ITED, que se acham relevantes relacionadas com a adaptação das redes e infra-estruturas de telecomunicações dos edifícios às NRA.

4.3.2. Principais Características

4.3.2.1. Redes de Tubagem

Uma das primeiras abordagens no planeamento de uma rede de telecomunicações é a estruturação da sua rede de tubagens.

A rede de tubagem não engloba apenas os tubos ou calhas por onde passaram os cabos de telecomunicações. Desta fazem também parte elementos como bastidores, galerias técnicas e até as Caixas de visita. Na figura seguinte está um esquema que resume tudo o que é considerado como rede de tubagens.

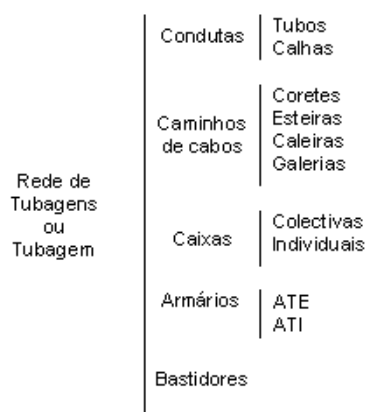


Figura 4-2 - Redes de Tubagens

(Fonte: Manual ITED [4])

Devem obedecer-se aos critérios estipulados no manual ITED, salientando-se o facto de se projectarem as redes de tubagens de modo a albergar no seu interior os cabos e demais

equipamentos de um modo resguardado de forças exteriores, tendo também em consideração o seu fácil acesso, por parte dos operadores, para remodelações ou alterações futuras.

O traçado das tubagens deverá ser por isso predominantemente recto e os percursos efectuados, preferencialmente, na horizontal e na vertical.

O percurso das condutas (tubos e calhas), bem como dos caminhos de cabos, deve realizar-se de maneira a garantir as distâncias, na separação entre as cablagens de telecomunicações e os cabos e condutores isolados de energia eléctrica, sendo proibida a passagem de cabos de telecomunicações e de energia nos mesmos tubos.

Na figura seguinte apresenta-se o esquema geral de tubagens de um edifício ITED, com a tubagem colectiva e individual.

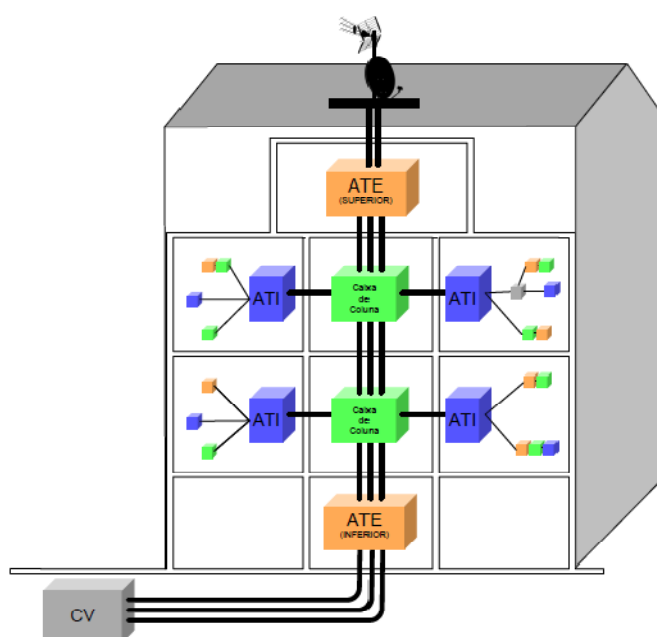


Ilustração 4-1 - Rede colectiva e individual de tubagem [4]

As colunas colectivas devem estender-se a todos os pisos do edifício, sendo que em cada piso deverá existir, pelo menos uma, caixa de coluna.

Sempre que, quer pelas dimensões necessárias à instalação dos RG – Repartidor Geral, quer pelo número de equipamentos activos a instalar, não for possível a utilização de uma caixa para o ATE – Armário de Telecomunicações do Edifício, deve ser considerado o seu desdobramento (mais de uma caixa). O projectista poderá, em qualquer situação, optar sempre pela utilização de bastidores.

A ligação da rede colectiva à rede de cliente é assegurada por um único tubo, com diâmetro externo fixo de 40mm ou equivalente.

Para efeito do dimensionamento da rede de tubagens, devem os elevadores ser considerados como fracções autónomas.

A Rede Individual de Tubagens deve ser concebida de modo a permitir a instalação de três redes de cabos (pares de cobre, coaxial e fibra óptica) com topologia em estrela, admitindo-se a possibilidade de partilha de condutas para a passagem dos cabos, sejam eles em PC (par de cobre), CC (cabo coaxial) ou FO (fibra óptica).

Devem existir tantas caixas (ATI) quanto o numero de fracções autónomas houver por piso.

O ATI, ou bastidor equivalente, deve ser instalado no local que melhor sirva os interesses dos utilizadores, funcionalmente acessível, preferencialmente próximo do quadro de energia.

Do ATI sairão as condutas para as caixas de passagem individuais e para as caixas de aparelhagem, que albergam as tomadas de Telecomunicações (TT);

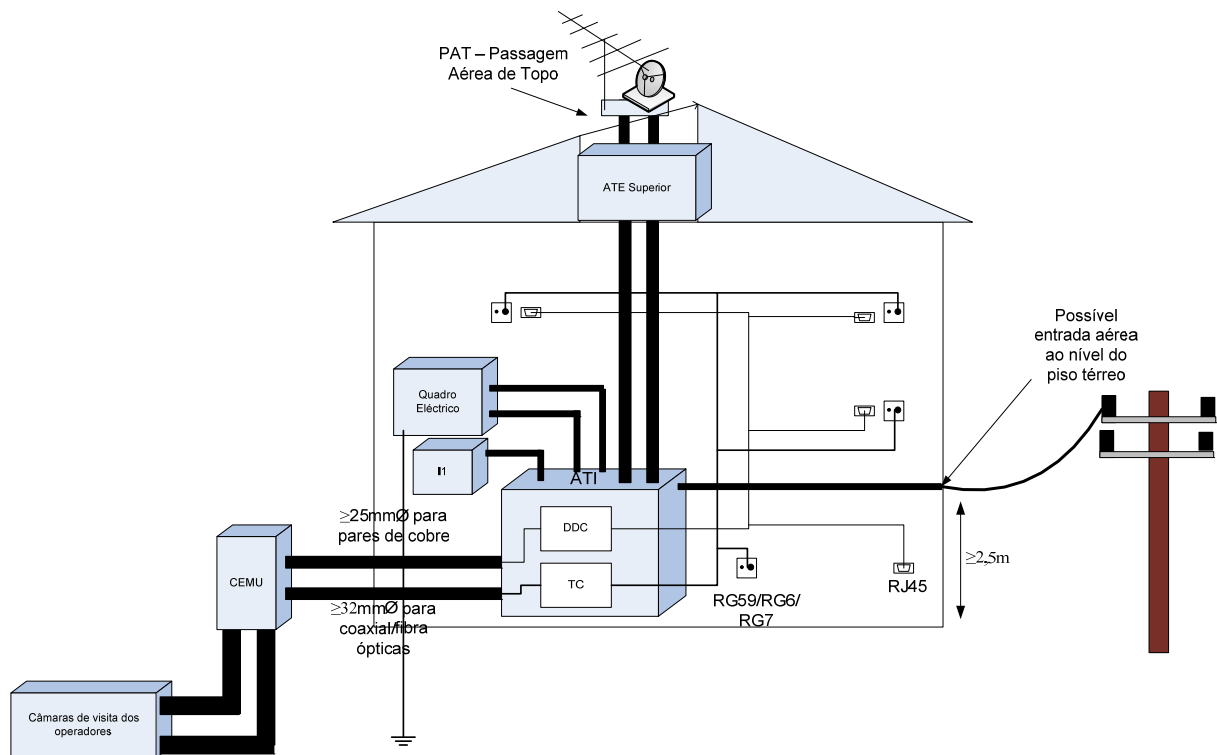


Figura 4-3 - Rede ITED numa moradia unifamiliar [4]

Para mais informação e detalhe podem ser consultados os gráficos, tabelas e figuras, na secção de Anexos **A.5**, que permitem obter valores indicativos da capacidade dos tubos e calhas, em função das fracções autónomas.

4.3.2.1.1. Dimensionamento das Ligações às CV

Embora possam existir casos em que as ligações dos edifícios são efectuadas por galerias, ou similares, são normalmente realizadas em tubos adequados à instalação subterrânea, pelo que importa caracterizar as suas características mínimas.

A escolha da CV, onde são ligadas as condutas de acesso do edifício, implica um dimensionamento adequado face às tubagens a instalar.

Na tabela seguinte estão dimensionadas as ligações subterrâneas dos edifícios às respectivas CV, de construção obrigatória:

Tabela 4-1 - Dimensionamento das ligações à CV

(Fonte: Manual ITED)

DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES À CVM, POR TUBOS	
TIPO DE EDIFÍCIO	TUBOS
Moradia unifamiliar	2 X Ø40
Edifícios residenciais de 2 a 4 fogos	3 X Ø50
Edifícios residenciais de 5 a 10 fogos	3 x Ø63
Edifícios residenciais de 11 a 22 fogos	3 X Ø75
Edifícios residenciais de 23 a 44 fogos	4 X Ø75
Edifícios residenciais com mais de 44 fogos	A definir pelo projectista (no mínimo 4 x Ø90)
Edifícios de escritórios, comerciais, industriais e especiais	A definir pelo projectista (no mínimo 3 x Ø50)

Para o caso dos edifícios localizados em zonas onde a distribuição das redes públicas de comunicações electrónicas é predominantemente aérea, deve existir uma interligação, desde a CV até ao provável local de transição da rede aérea para subterrânea, através de dois tubos, nunca inferiores a Ø40 mm.

4.3.2.2. Projecto das Redes de Cablagem

As regras que se apresentam, para execução do projecto das Redes de Cablagens, são entendidas como mínimas, definidas no Manual ITED, podendo utilizar-se soluções tecnicamente mais evoluídas.

As redes de cablagem a utilizar nas partes colectivas e individuais contemplam três tipos:

- Redes de Pares de Cobre (PC) com distribuição em estrela, a partir dos secundários do RG-PC e do RC-PC, e recurso a cabos de 4 pares de cobre, categoria 6, como mínimo;
- Redes de Cabos Coaxiais (CC) com distribuição em estrela, a partir dos secundários do RG-CC e do RC-CC, e recurso a cabos e equipamentos preparados para transmissão, no mínimo, até 2,4GHz. Admite-se, para as redes de MATV e SMATV, o

desenvolvimento noutro tipo de topologia, adaptando-a aos serviços de recepção satélite e terrestre requeridos para o edifício;

- Redes de Fibras Ópticas (FO) com distribuição em estrela, a partir dos secundários do RGFO e do RC-FO, e recurso a cabos de fibra óptica monomodo.

Tabela 4-2 - Redes de cablagem [4]

REDES DE CABLAGEM				
Edifícios		Pares de Cobre (Cat.6)	Cabos Coaxiais (TGD-C+H)	Fibra Óptica (OS1 e OS2)
Residenciais	Moradia (CEMU - ATI)	Sem garantia de Classe	Facultativo: opção do projectista	Facultativo: opção do projectista
	Individual	Classe E	Obrigatório	2 tomadas FO na ZAP
	Colectiva	Classe E	MATV e CATV	2 fibras para cada ATI
Escritórios	Individual	Classe E	a definir pelo projectista	a definir pelo projectista
	Colectiva	Classe E	MATV e CATV	4 fibras para cada ATI
Comerciais	Individual	Classe E	a definir pelo projectista	a definir pelo projectista
	Colectiva	Classe E	MATV e CATV	2 fibras para cada ATI
Industriais	Individual	Classe E	a definir pelo projectista	a definir pelo projectista
	Colectiva	Classe E	MATV e CATV	4 fibras para cada ATI
Especiais	Individual	Classe E	a definir pelo projectista	a definir pelo projectista
	Colectiva	Classe E	MATV e CATV	a definir pelo projectista
Mistos	Individual	Classe E	a definir pelo projectista	a definir pelo projectista
	Colectiva	Classe E	MATV e CATV	a definir pelo projectista

4.3.3. Aspectos e Desafios da utilização da Fibra Óptica nas Redes dos Edifícios e Urbanizações

O projecto da rede de fibras ópticas do edifício deve definir o tipo de RG-FO a instalar, o tipo de cabos a utilizar na instalação da rede colectiva, a terminação no primário do ATI e a ligação deste pelo menos até às 2 tomadas ópticas da ZAP (Zona de Acesso Privilegiado).

A Rede Colectiva de fibras ópticas é constituída pelo secundário do RG-FO, pelos cabos de distribuição no edifício e pela terminação no RC-FO.



Figura 4-4 – Repartidor Geral de Fibras Ópticas [4]

Existem várias formas de implementação do RG-FO, como seja através de um módulo de edifício que constitui o secundário do RG-FO, e de sucessivos módulos de igual estrutura que vão sendo acrescentados pelos operadores à medida que vão chegando com as suas redes ao edifício, como se exemplifica na Figura 4-5.

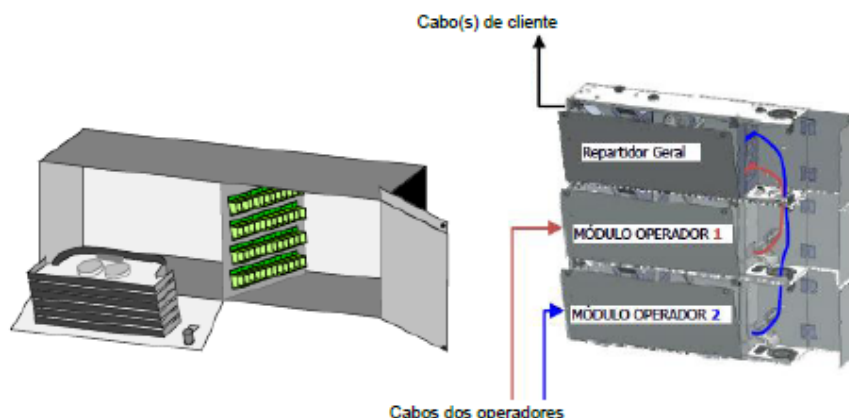


Figura 4-5 – Pormenor de um RG-FO com diversos módulos de operadores [4]

A implementação do secundário do RG-FO em bastidor é uma alternativa que se aconselha, com recurso a cassetes de acomodação de fibras e suportes adequados da conectorização, projectando espaço para pelo menos 2 operadores.

Os cabos da rede colectiva serão individualizados para cada fracção, sendo os cabos individuais de cliente conectorizados localmente através de fusão com “*pigtails*”, ou com recurso a conectorização mecânica, usando conectores de campo.

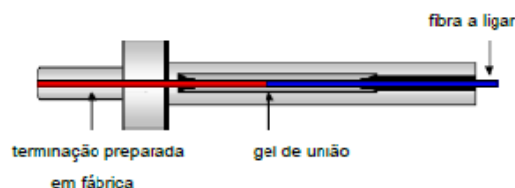


Figura 4-6 - Conectores de campo [4]

Os cabos de cliente devem ser do tipo G657 A ou B, devido à elevada imunidade a curvaturas mais exigentes.

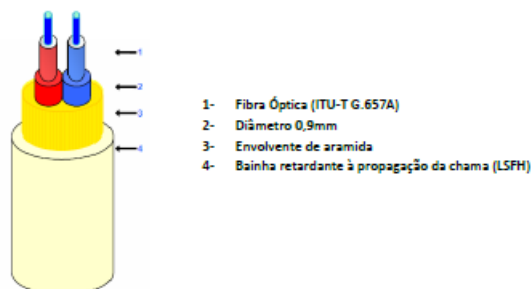


Figura 4-7 - Cabo individual de cliente com duas fibras do tipo G657A [4]

Podem também utilizar-se cabos de distribuição, com ou sem pré-conectorização, que permitem a extracção ou derivação de fibras por andar. A pré-conectorização ou, em alternativa, a ligação através da fusão de conectores manufacturados em ambiente industrial, é sempre aconselhável, já que a qualidade é maior que na conectorização manual e as perdas naturalmente menores, possibilitando orçamentos de potência mais vantajosos, embora não determinantes, uma vez que as maiores perdas estão nos divisores de distribuição (*splitters*); estes ganhos contribuem para um melhor projecto e consequente instalação de maior qualidade.

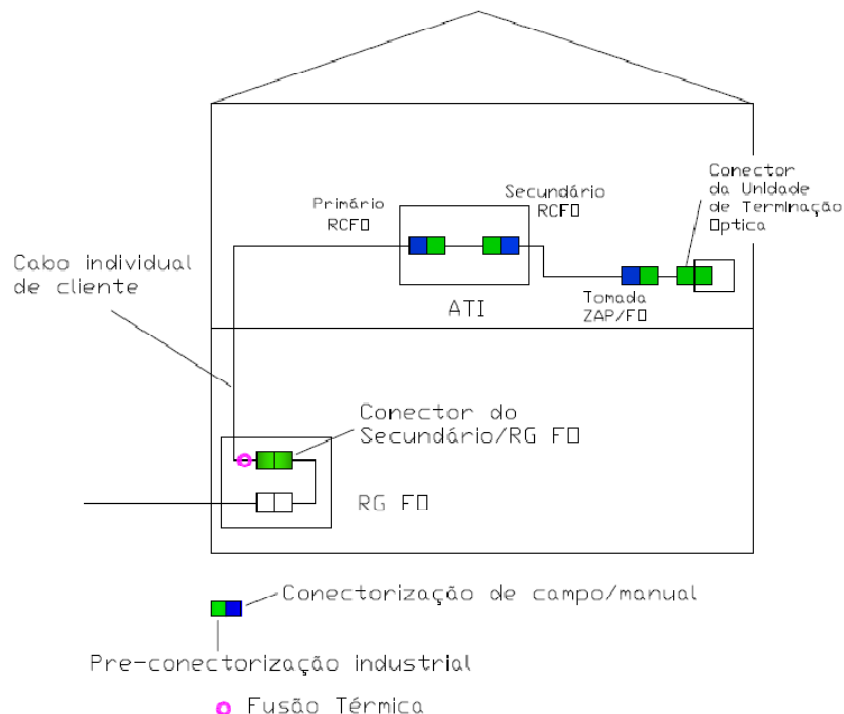


Ilustração 4-2 - Esquema de um edifício em FO [4]

4.3.3.1. Adaptação dos Edifícios Construídos à Fibra Óptica

Esta secção é um excerto do Manual ITED, e visa apresentar as diferentes possibilidades de adaptação dos edifícios construídos, à nova realidade das redes de acesso por meio de fibra óptica.

4.3.3.1.1. Projecto de alteração de Edifícios - ITED

As infra-estruturas de telecomunicações construídas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 59/2000, de acordo com as prescrições e especificações técnicas da 1.ª edição do manual ITED, devem ser obrigatoriamente consideradas na elaboração do projecto e instalação da cablagem de fibra óptica.

Requisitos a observar na elaboração do projecto da rede colectiva de cabos de fibra óptica:

- 1- O projectista deve ter em conta a rede colectiva de tubagens existente, nomeadamente as dimensões do ATE, das caixas da CM-PC e CM-CC e respectivos tubos de reserva;
- 2- São elegíveis, para albergar o RG-FO, todos os espaços pertencentes à rede colectiva de tubagens. O espaço deve ter capacidade para a instalação do secundário e dos primários, pelo menos, de dois operadores. O projectista deve efectuar a escolha do espaço de acordo com os seguintes critérios:
 - Deve ser privilegiada a escolha do ATE. Caso este seja constituído por 2 caixas, deve ter-se em conta o espaço existente em cada uma das caixas, podendo o secundário do RG-FO ser desdobrado por cada uma delas, para garantir o espaço necessário à instalação dos primários, tal como ilustra a figura seguinte;
 - Está garantido o acesso a todos os fogos, por parte de pelo menos dois operadores, dado que as tubagens colectivas, quer em PC quer em CC, acedem a todos os clientes.

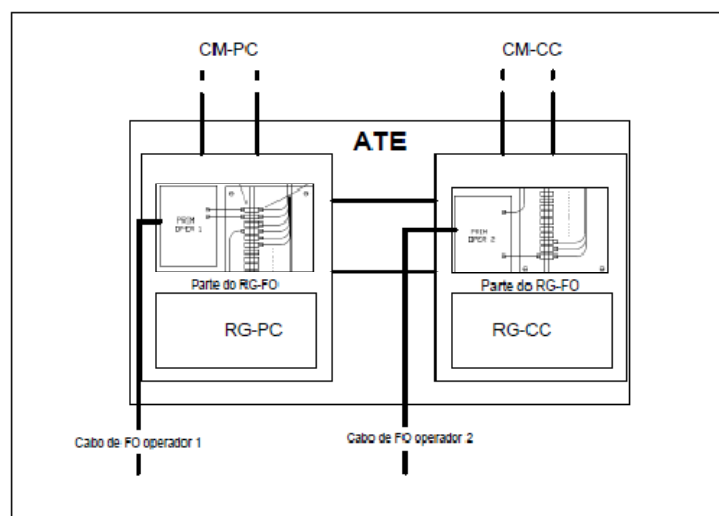


Figura 4-8- Desdobramento do RG-FO nas caixas do ATE [4]

- O ATE superior, quando exista, deve ser considerado como alternativa ao ATE inferior;

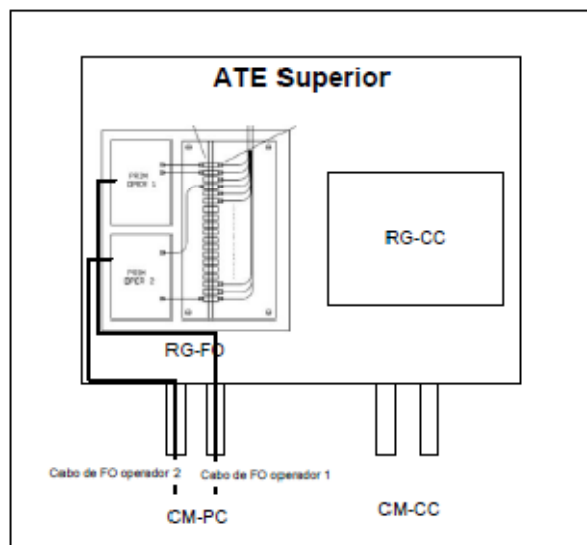


Figura 4-9 - Instalação do RG-FO no ATE superior [4]

- Caso não exista espaço no ATE, para albergar o primário do segundo operador, poderá ser prevista a sua instalação nas caixas das CM-PC e CM-CC imediatamente adjacentes;

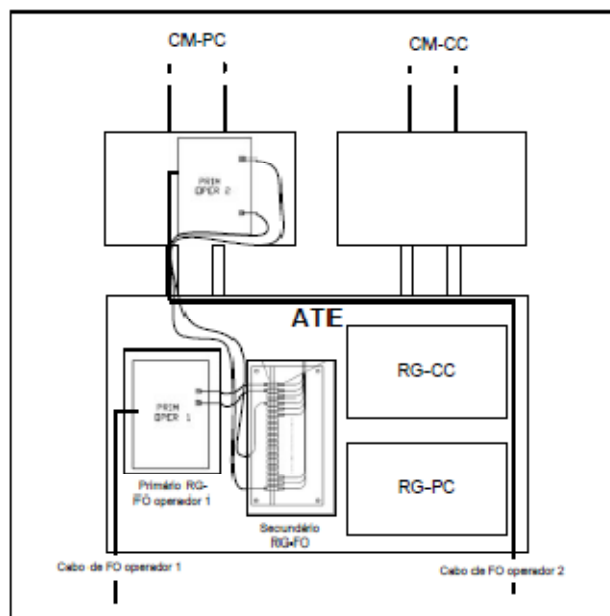


Figura 4-10 - Instalação do RG-FO no ATE inferior, desdobramento do primário de 2.º operador [4]

- Em alternativa ao ponto anterior poderá ser considerada, caso exista, a caixa de entrada de cabos.

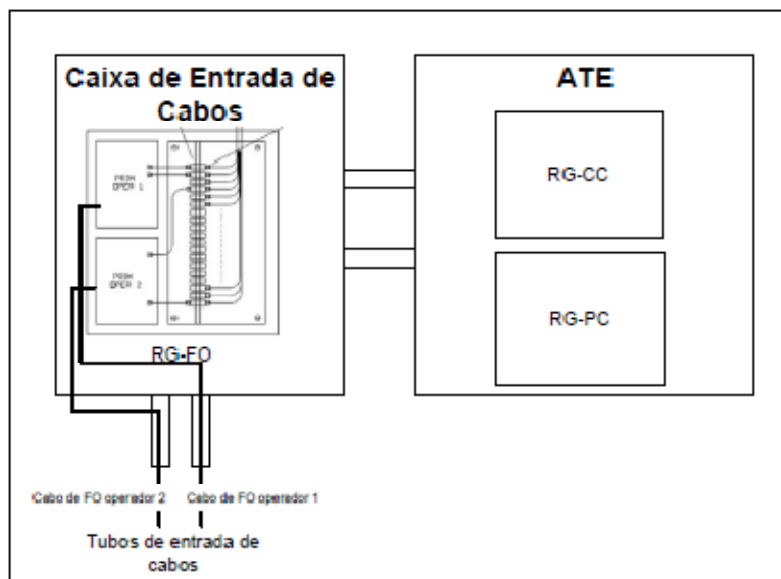


Figura 4-11 - Instalação do RG-FO em caixa de entrada de cabos [4]

- Desde que seja garantida a interligação com o ATE, poderá ser eleito um espaço colectivo do edifício (ex: garagem), para a instalação de uma caixa multi-operador;
- 3- O dimensionamento do secundário do RG-FO deve ser calculado em função do número de fracções autónomas que constituem o edifício, sendo comum a todos os operadores; (...);
 - 5- O projecto das Redes de Cablagens deve ser baseado na topologia estrela, ligação directa do secundário do RG-FO a cada ATI. Deve ser privilegiada a utilização de cabos pré-conectorizados que possibilitam uma instalação rápida e fiável. Os cabos individuais de cliente serão de duas fibras;
 - 6- O cabo proveniente do secundário do RG-FO deve ser terminado, no ATI, em adaptadores ou caixa terminal adequados; (...);

Requisitos a observar na elaboração do projecto da rede individual de cabos de fibra óptica:

- 1- O projectista deve ter em consideração a utilização da rede individual de tubagens existente para a passagem de cabos de fibra óptica. Caso não exista espaço no ATI para a colocação do equipamento activo de cliente (ONT), deve ser instalada uma tomada de fibra óptica na caixa de aparelhagem “F”, prevista para ligações futuras. Em alternativa, poderá ser instalada uma tomada de fibra óptica numa das divisões da fracção. A utilização de tomadas mistas é uma opção a tomar em consideração para o aproveitamento da tubagem existente;
- 2- A distribuição dos serviços pelas restantes divisões deve ser efectuada no ATI, com recurso às redes individuais de cabos de pares de cobre e/ou coaxiais.

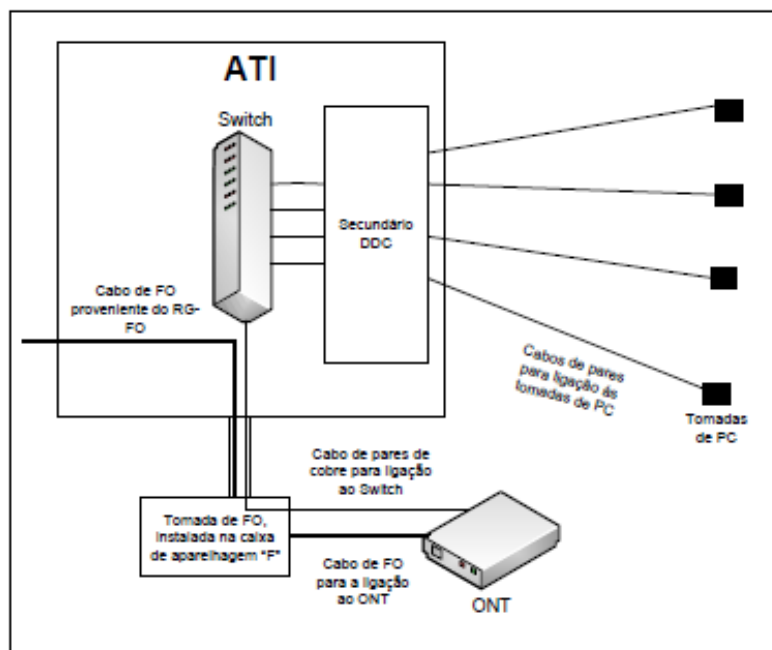


Figura 4-12 - Exemplo de distribuição do sinal num fogo com infra-estrutura ITED [4]

4.3.3.1.2. Projecto de alteração de Edifícios – RITA

As infra-estruturas de telecomunicações em edifícios construídas de acordo com o Regulamento das Instalações Telefónicas de Assinante – RITA - devem ser obrigatoriamente consideradas na elaboração do projecto e instalação da cablagem de fibra óptica.

Requisitos a observar na elaboração do projecto da rede colectiva de cabos de fibra óptica:

- 1- O Projectista deve ter em conta a Rede de Tubagens existente, nomeadamente as dimensões da caixa do RGE, caixas de coluna e respectivos tubos;
- 2- São elegíveis para albergar o RG-FO todos os espaços pertencentes à rede colectiva de tubagens. O espaço deve ter capacidade para a instalação do secundário e dos primários, pelo menos, de dois operadores. O Projectista deve efectuar a escolha do espaço de acordo com os seguintes critérios:
 - Deve ser privilegiada a escolha da caixa do RGE. Caso não exista espaço suficiente, poderá ser prevista a sua instalação nas caixas de coluna imediatamente adjacentes;
 - Na eventualidade de não existir espaço na rede colectiva de tubagens, deve ser considerada a instalação de uma caixa multi-operador junto à caixa do RGE, com interligação obrigatória.

- 3- O dimensionamento do secundário do RG-FO deve ser calculado em função do número de fracções autónomas que constituem o edifício, sendo comum a todos os operadores; (...);
- 5- O projecto das Redes de Cablagens deve ser baseado na topologia estrela. Deve ser privilegiada a utilização de cabos pré-conectorizados que possibilitam uma instalação mais rápida e fiável;
- 6- O cabo proveniente do secundário do RG-FO deve ser terminado no interior da fracção na caixa do BPA, em adaptadores ou caixa terminal adequados; (...);

Requisitos a observar na elaboração do projecto da Rede individual de cabos de fibra óptica:

- 1- O projectista deve ter em consideração a utilização da rede individual de tubagens existente para a passagem do cabo de fibra óptica, desde a caixa do BPA, até a uma tomada de fibra óptica a instalar numa das divisões, para a ligação do ONT. Para a distribuição dos serviços pelas restantes divisões com recurso a cablagem, deve ser instalada preferencialmente na tubagem existente.

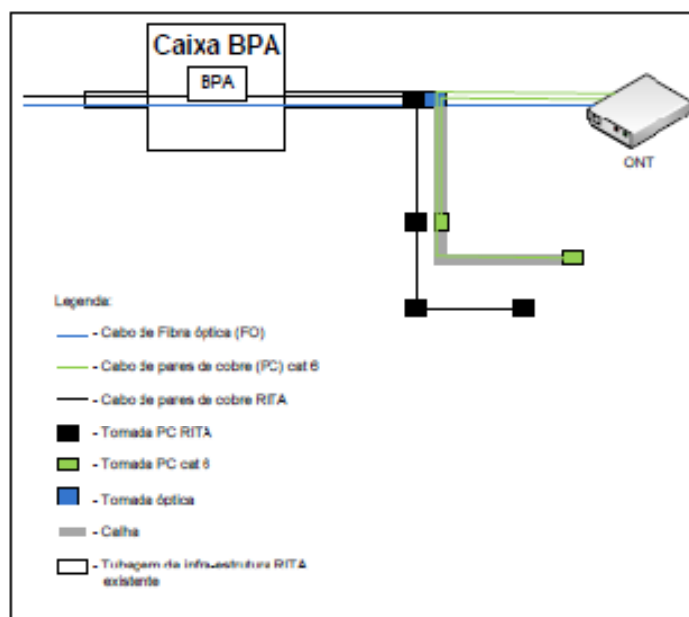


Figura 4-13 - Exemplo de distribuição do sinal num fogo com infra-estrutura RITA [4]

4.3.3.1.3. Projecto de alteração de Edifícios Pré-RITA

Nos edifícios em que não existe qualquer infra-estrutura colectiva de telecomunicações, o projectista deve efectuar uma avaliação das partes comuns do edifício e decidir a melhor forma de implementar uma rede colectiva de tubagens.

O dimensionamento da rede colectiva de tubagens deve ser efectuado de acordo com as regras estipuladas para os edifícios novos ou a reconstruir, na parte respeitante à tecnologia de acesso por fibra óptica.

Neste caso implica o dimensionamento do ATE que irá albergar o RG-FO, a tubagem da coluna montante e as caixas de piso.

O ATE a instalar, preferencialmente, junto à entrada do edifício, deve contemplar, sempre que possível, tomadas de energia eléctrica.

A tubagem a considerar, quer na rede colectiva, quer na individual, para a passagem da fibra óptica, deve apresentar as características de protecção adequadas.

Requisitos a observar na elaboração do projecto da rede colectiva de cabos de fibra óptica:

- 1- O dimensionamento do secundário do RG-FO deve ser calculado em função do número de fracções autónomas que constituem o edifício, sendo comum a todos os operadores; (...);
- 3- O projecto das Redes de Cablagens deve ser baseado na tipologia estrela. Deve ser privilegiada a utilização de cabos pré-conectorizados que possibilitam uma instalação rápida e fiável;
- 4- O cabo proveniente do secundário do RG-FO deve ser terminado, no interior da fracção, em adaptadores ou caixa terminal adequados; (...);

Requisitos a observar na elaboração do projecto da Rede individual de cabos de Fibra óptica:

- 1- O projectista deve ter em consideração a utilização de tubagem adequada para a passagem do cabo de fibras ópticas, desde a caixa terminal, até a uma tomada de fibra óptica a instalar numa das divisões, para a ligação do ONT. Para a distribuição dos serviços pelas restantes divisões com recurso a cablagem, deve ser instalada em tubagem adequada.

4.3.3.1.4. Instalação das alterações

A instalação deve ter em conta o projecto técnico, deve ser executada de acordo com as boas práticas de instalação e com as regras de arte, salvaguardando os pormenores estéticos de modo a minimizar o impacto visual.

Requisitos a observar na instalação da rede colectiva de cabos de fibra óptica:

- Ligação à rede pública de telecomunicações
 1. A ligação à rede pública de telecomunicações deve ser efectuada através da entrada subterrânea. Em caso de impossibilidade poderá utilizar-se a entrada aérea, caso exista;

2. Caso a entrada aérea e subterrânea não existam, ou caso o espaço disponível para a passagem de cabos não seja suficiente, deve ser construída uma entrada subterrânea para o efeito;

3. Em alternativa, poderá ser estabelecido o contacto com os operadores que se encontrem ligados ao edifício, de modo a avaliar a possibilidade da reformulação das redes de acesso, utilizando cabos de dimensões inferiores e com características técnicas idênticas, de modo a disponibilizar o espaço necessário a passagem dos cabos de FO;

• Soluções a ter em consideração para a instalação do RG-FO e rede colectiva de cabos de FO

1. Nos edifícios onde não exista qualquer Coluna Montante (CM) para a passagem de cabos de FO, esta deve ser executada. Nos edifícios onde não existam zonas colectivas para a instalação da CM, poderá considerar-se a utilização das zonas individuais para passagem de cabos da rede colectiva, desde que exista esse acordo com os ocupantes legais dos fogos.

2. Nos edifícios onde não exista qualquer Coluna Montante (CM), mas existam zonas colectivas, a coluna deve ser executada de modo a preservar a estrutura do edifício, minimizando o impacto visual. Assim sendo, poderão ser utilizadas calhas ou tubos à vista, recorrendo sempre que possível ao lambril das escadas e caixilhos das portas para o acesso às fracções autónomas;

3. Nos edifícios onde exista Coluna Montante (CM), mas o espaço disponibilizado pela mesma não seja suficiente, poderão ser reformuladas as redes existentes por forma a serem utilizados cabos de dimensões inferiores e com características técnicas idênticas, de modo a disponibilizar o espaço necessário a passagem dos cabos de FO;

4. No espaço destinado à colocação do RG-FO, nomeadamente no ATE e caixa do RGE, devem ser adoptadas estratégias de modo a aumentar o espaço disponível. Assim sendo, admite-se a alteração da disposição dos dispositivos das redes existentes no edifício. Poderão, ainda, ser alterados os dispositivos de ligação e distribuição por outros de características idênticas mas de dimensões menores e a concentração de vários dispositivos num, desde que a funcionalidade das respectivas redes não seja posta em causa;

Requisitos a observar na instalação da rede colectiva de cabos de fibra óptica:

1. Nos casos em que não exista qualquer tipo de tubagem para telecomunicações, a cablagem de FO deve encaminhar-se por forma a causar o mínimo impacto visual. Assim sendo, poderão ser utilizadas calhas com recurso aos rodapés e aros de portas existentes e a passagem junto das paredes até um ponto aceitável de acomodação dos equipamentos activos.

4.3.4. Nomenclatura ITUR

O desenvolvimento das actividades económicas e sociais, os enormes progressos tecnológicos verificados e as novas exigências decorrentes do ambiente concorrencial estabelecido em Portugal, impuseram como já anteriormente referido, a necessidade de formular novas regras para o projecto, instalação e gestão das Infra-estruturas de Telecomunicações, também em Loteamentos, Urbanizações e Condomínios.

Assim nasce a necessidade da criação de um regulamento que defina as condições, consideradas mínimas, de elaboração de projectos e construção das redes de tubagem e redes de cablagem em urbanizações, com suporte nas tecnologias de cabo de pares de cobre, cabo coaxial mas também em fibra óptica.

Pretende-se pois, com a respectiva norma técnica, regulamentar as condições de acesso às novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), providenciando as mesmas condições a todos os operadores públicos de telecomunicações electrónicas.

O regime jurídico aplicável às Infra-estruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Condomínios (ITUR), consagra a obrigatoriedade de construção das ITUR em duas realidades distintas:

- (i) As ITUR públicas, situadas em áreas públicas;
- (ii) As ITUR privadas, situadas em condomínios (de propriedade privada).

Como descrito no Manual ITUR [5], *“em zonas históricas ou outras de protecção patrimonial especial, de acordo com as disposições municipais, poderão ser adoptadas soluções não constantes neste regulamento, mas que poderão ser consideradas válidas, desde que devidamente justificadas pelo projectista, através de declaração de responsabilidade de acordo com a lei, assumindo este, a inteira responsabilidade pelas soluções preconizadas.”*

Com este novo regulamento pretende-se alargar o conceito, do já implementado no caso do ITED, a novas urbanizações, condomínios públicos ou privados bem como loteamentos que assim possam ser construídos de uma forma harmoniosa do ponto de vista de implementação das redes de tubagens das telecomunicações para ficarem aptas a receber, de uma forma acessível, operadores estando adaptadas às novas realidades de redes de acesso através de fibra óptica.

Nascem com este regulamento novos termos e conceitos bem como equipamentos associados e que passam a descrever-se os mais importantes e outros que podem ser consultados através da análise do Manual ITUR ou na secção ANEXOS deste documento.

4.3.4.1. Armário de Telecomunicações de Urbanização (ATU)

O elemento básico de qualquer rede de telecomunicações é o Ponto de Distribuição (PD).

O PD caracteriza-se como sendo um local de uniões, derivações e pontos de fronteira com outras redes. Permite o manuseamento das ligações, facilitando alterações ao encaminhamento dos sinais. O PD típico de uma ITUR é o ATU (Armário de Telecomunicações de Urbanização). Os ATU poderão estar integrados em Salas e Galerias Técnicas, Armários e Bastidores.

O esquema seguinte caracteriza, de uma forma genérica, a lógica dos Pontos de Distribuição:

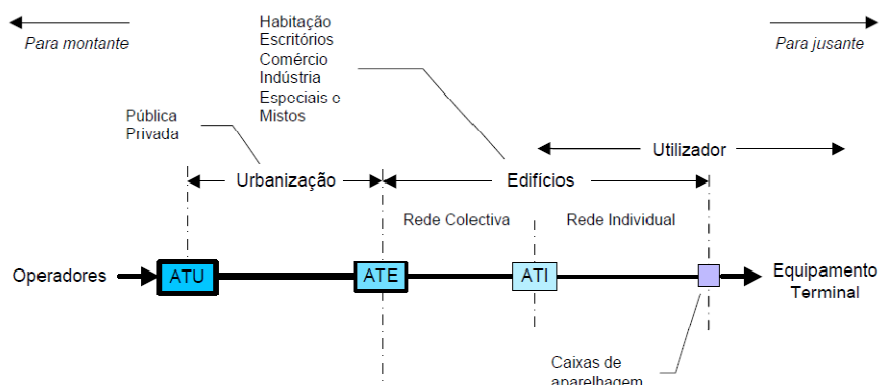


Ilustração 4-3 - Esquema de Ligações a um Edifício [5]

No caso da moradia unifamiliar, considere-se o esquema seguinte:

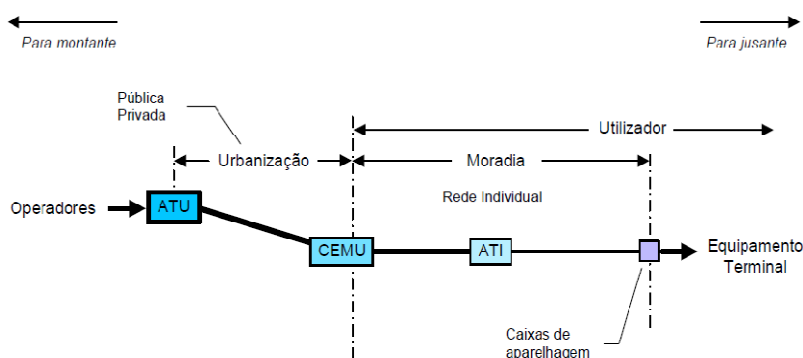


Ilustração 4-4 - Esquema de ligações a uma Moradia [5]

O ATU deverá compreender as seguintes funções:

- De interligação ou passagem das redes públicas de comunicações electrónicas dos diversos operadores;
- De interligação com a rede colectiva dos edifícios – ATE, e ATI ou CEMU no caso de moradias.

Para cada uma das tecnologias referidas (par de cobre, cabo coaxial e fibra óptica) existirá um Repartidor de Urbanização (RU), com as seguintes designações:

- **RU-PC** – Repartidor de Urbanização de Par de Cobre, composto por:
 - Primário, da responsabilidade da entidade que ligar as redes da urbanização às redes públicas, onde estiver inserido. Poderá ser constituído por régua de derivação de cravamento simples, com oito condutores utilizáveis;
 - Secundário, onde se ligam todas as redes de comunicações independentes dos edifícios (primários dos respectivos RG-PC inseridos no interior do ATE ou régua de derivação de cravamento simples na CEMU), que poderá ser constituído também por régua de derivação de cravamento simples, com oito condutores utilizáveis ou por conectores de oito condutores do tipo RJ45, ou outra solução adequada;
 - Cordões, ou outros elementos, que garantam a interligação entre o primário e o secundário, conectorizados para Cat.3.
- **RU-CC** – Repartidor de Urbanização de Cabo Coaxial:

Aqui inicia-se a rede de cabos coaxiais da urbanização, num repartidor, numa união para interligação, ou num amplificador. Existirá 1 RU-CC obrigatório, associado à distribuição em estrela da rede de CATV e outro opcional, por parte do projectista, estando associado ao sistema de recepção de MATV ou SMATV, se aplicável.

- **RU-FO** – Repartidor de Urbanização de Fibra Óptica:

O secundário do RU-FO deve ser projectado com uma estrutura de acopladores de fibra óptica, para ligar cada fracção autónoma, no mínimo, com duas fibras.

A distribuição da rede colectiva de fibra óptica pode ser efectuada das seguintes formas:

- Cabo individual de cliente (*drop*) com ligação directa, ponto a ponto, do secundário do RU-FO ao primário do RG-FO de cada edifício independente;
- Cabo com pré-conectorização, apenas na terminação que vai ligar ao RG-FO;
- Cabo sem pré-conectorização, que obriga à fusão das fibras a “*pigtails*”, ou à sua ligação mecânica;
- Cabo “*riser*”, desde que exista um número elevado de edifícios, que justifiquem a sua utilização.

Os RU fazem a fronteira, em termos de cablagem, entre as redes públicas de comunicações electrónicas e a urbanização, e estão normalmente no interior do ATU.

O ATU constituirá um ponto de acesso e derivação para as redes colectivas dos diversos edifícios. O ATU deverá estar interligado à rede de tubagem da urbanização. O ATU poderá conter, ainda, os repartidores gerais de par de cobre, cabo coaxial e fibra óptica, designadamente nos condomínios privados.

4.3.4.2. Redes de Tubagens

A rede de tubagem de uma ITUR é constituída por:

- TUBAGENS DE ACESSO: tubos de entrada na Câmara de Entrada de Cabos (opcional) e tubos de ligação entre esta e o ATU;
- REDE DE TUBAGEM PRINCIPAL;
- REDE DE TUBAGEM DE DISTRIBUIÇÃO.

A sua finalidade é a de assegurar a passagem dos cabos e o alojamento de equipamentos de telecomunicações, facultando a sua protecção.

Entre as vantagens da sua construção, destaca-se a facilidade de instalação e ampliação da rede de cabos, evitando obras posteriores, a melhoria da qualidade pela facilidade de manutenção e a estética da urbanização.

A Rede de Tubagens numa ITUR deve ser concebida de modo a permitir uma topologia de distribuição, preferencialmente, em estrela para todas as tecnologias a utilizar nos Sistemas de Cablagem.

Os tubos de acesso aos edifícios devem respeitar as regras técnicas estabelecidas na 2.^a edição do Manual ITED, designadamente quanto ao diâmetro nominal, à profundidade e à inclinação.

Os materiais a utilizar nas Redes Principal e de Distribuição devem estar em conformidade com o exposto no Manual ITUR, ver secção ANEXOS para informações adicionais (A.8).

5. Co-habitação de Operadores

Verifica-se actualmente que no território nacional a Portugal Telecom ainda é a detentora da maioria das infra-estruturas de telecomunicações instaladas, muito devido à posse de uma rede legada de cobre distribuída ao longo de toda a geografia nacional.

Outros operadores têm-se vindo a instalar ao longo dos últimos anos, quer em termos de implementação de uma rede própria quer alugando recursos à PT. Exemplos disso são a COLT que tem implementado em Lisboa e no Porto uma rede própria totalmente em fibra óptica e, por exemplo, a SONAECOM que aluga a rede ADSL ao operador histórico.

Nas figuras seguintes mostram-se alguns operadores já instalados em Portugal.

Tabela 5-1 - Principais operadores com infra-estruturas de acesso próprias

Exemplo de operadores	Tecnologia(s) predominante
PT Comunicações	Pares de cobre entrançados / fibra óptica
ZON Multimédia	Cabo coaxial / fibra óptica / DTH
Outros operadores de distribuição por cabo	Cabo coaxial / fibra óptica
COLT	Fibra óptica
AR Telecom	Acesso fixo via rádio (FWA)
Optimus / TMN / Vodafone / Radiomóvel	3G (UMTS) / CDMA

Tabela 5-2 - Operadores com infra-estruturas de acesso alugadas

Exemplo de operadores	Ofertas grossistas relevantes
Sonaecom	ORALL / "Rede ADSL PT"
Vodafone	ORALL
Outros prestadores ADSL	"Rede ADSL PT"

(Fonte: ANACOM)

5.1. O acesso à rede no interior dos Edifícios

No que toca ao ultimo troço da rede de acesso, a ligação entre o ponto de distribuição e as instalações do utilizador, não estão preparadas para albergar vários operadores, o que ocasiona

que um operador que seja requisitado em “segundo” lugar, não se possa instalar por potencial inexistência de infra-estruturas.

Casos existem, em que é o próprio condomínio que “leiloeira” o acesso á rede do edifício, condicionando a livre escolha dos condóminos ao usufruto dos diversos pacotes de serviços disponibilizados pelos operadores, já que nem todos terão acesso à rede do edifício, para assim prestarem os seus serviços.

Como se vê, o acesso à rede terá de ser repensado e mediante uma regulação nítida e coerente onde não haja discriminação de operadores, poder-se-á então falar num verdadeiro acesso por parte de todo e qualquer operador que se queira vir instalar no todo ou em partes tanto do território, como nas referidas redes do cliente.

Esta é uma boa altura para repensar então este assunto, já que estão planeados novos investimentos na rede de acesso e que por isso a haver alterações poderiam ser equacionadas já pensando neste modelo de negócio.

5.2. Co-existência de redes em paralelo

Numa fase de transição, não se poderá migrar num só instante de uma tecnologia ou arquitectura existente para outra que se queira vir a instalar.

Assim, teremos, com a adopção por parte dos operadores das redes de acesso de nova geração, a necessidade de, pelo menos numa fase transitória, da co-existência de redes em paralelo ou sobrepostas até.

Isto poderá ter custos acrescidos, especialmente a nível da rede de distribuição em cobre, com custos operacionais significativos. Com efeito, durante a fase de transição, mais ou menos prolongada, devido à necessidade de amortizar os custos dos equipamentos (ONT, ONU, etc), será necessário manter activas as linhas de rede em cobre e os serviços associados que ainda não migraram para as NRA, mesmo até porque não será viável, numa primeira fase, instalar rede assente em fibra em zonas remotas e com pouca densidade populacional. Só após ter sido atingido um dado número crítico de lacetes activos em cobre ligados a um MDF, a partir do qual não é economicamente viável manter esta infra-estrutura, é que fará sentido ser equacionado o seu desmantelamento.

Como foi dito, nem sempre é possível, no actual panorama das redes de acesso, a existência de co-habitação de operadores, quer a nível das condutas da rede, quer mesmo em termos das colunas montantes (e outros dispositivos como ATE) dos edifícios.

Só com o passar dos anos, com uma regulação imposta e com a actualização “faseada” das redes de acesso e de cliente se poderá assistir, a longo prazo, da co-habitação de operadores em todo o panorama das redes de telecomunicações.

Tendo o cliente a possibilidade de optar pelo ou pelos operadores que mais lhe interesse para a aquisição e usufruto de serviços modernos de telecomunicações onde a banda larga será uma realidade já banalizada.

6. Redes no Interior dos Edifícios – Alguns Aspectos Económicos

Apresenta-se de seguida, uma abordagem ao cálculo das soluções de fibra óptica no interior dos edifícios.

Usando o Excell como ferramenta de cálculo, foram considerados alguns pressupostos tais como a variação da taxa de penetração ou o número de potenciais assinantes que evolui ao longo de um período de tempo considerado (10 anos), dependendo da taxa de penetração considerada.

O estudo da análise tecno-económica teve por base a estrutura que se representa no seguinte diagrama:

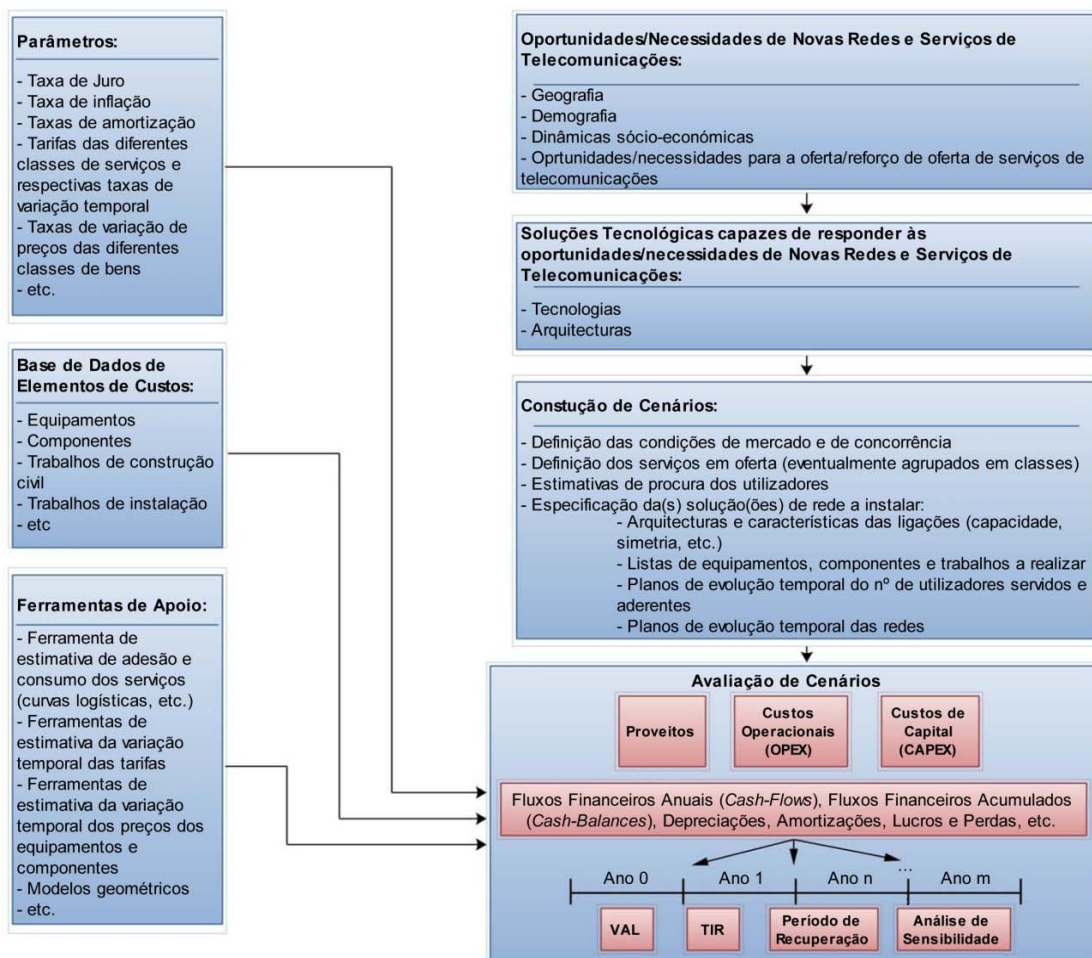


Figura 6-1 - Estrutura da ferramenta de análise tecno-económica [2]

6.1. Soluções Previstas

Para a identificação dos equipamentos a serem instalados e respectivos custos terão de ser identificados, *a priori*, as soluções ou cenários que poderão ser encontrados aquando da instalação da rede.

Assim sendo passa-se a apresentar cada um dos tipos de Unidades de Alojamento (UA) possíveis:

- Moradia Unifamiliar;
- Bloco de Apartamentos;
- Zona de Acolhimento Empresarial.

Dentro de uma zona poderão aparecer mais que um tipo de Unidade de Alojamento, daí que o nosso estudo tenha de ser realizado de uma forma genérica e por suposição, onde cada zona comporta uma percentagem de um ou mais tipos de Unidades de Alojamento.

6.1.1. Território/Distribuição da Rede de Telecomunicações pelas Unidades de Alojamento - Descrição do *Habitat*

Segue-se uma descrição dos tipos ou topologias das diversas zonas consideradas bem como uma pequena descrição de cada um.

1. Urbano/Centro da Cidade (tipo “Baixa”)

Território muito denso e compacto;

Muita Actividade Comercial;

Pouca Habitação → Pouca TV;

Edifícios Antigos (Necessidades especiais de reabilitação das ITED);

Condutas Saturadas;

Edifícios maioritariamente constituídos por r/c, 1º andar e 2º.

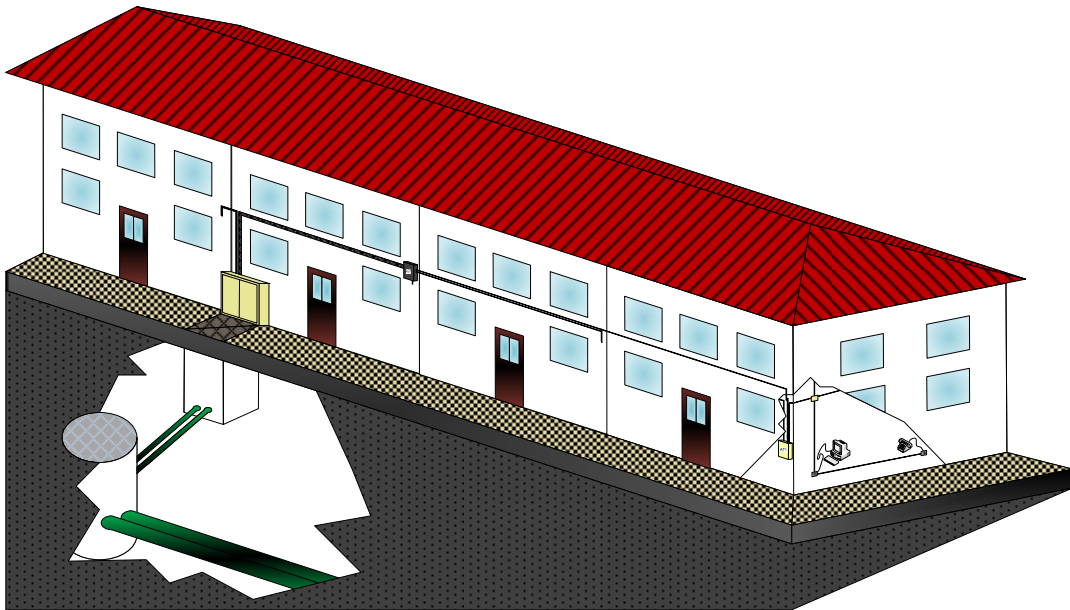


Figura 6-2 - Rede de Distribuição em Edifícios em Banda – Fachada

2. Urbano/Residencial (Fora do Centro) - ANTIGOS

Território muito denso (em altura);

Edifícios constituídos por vários pisos (1º, 2º, ..., 10º andar);

Pouca Actividade Comercial;

Muita habitação → Muita TV;

Edifícios Antigos (Necessidades especiais de reabilitação das ITED);

Condutas Saturadas.

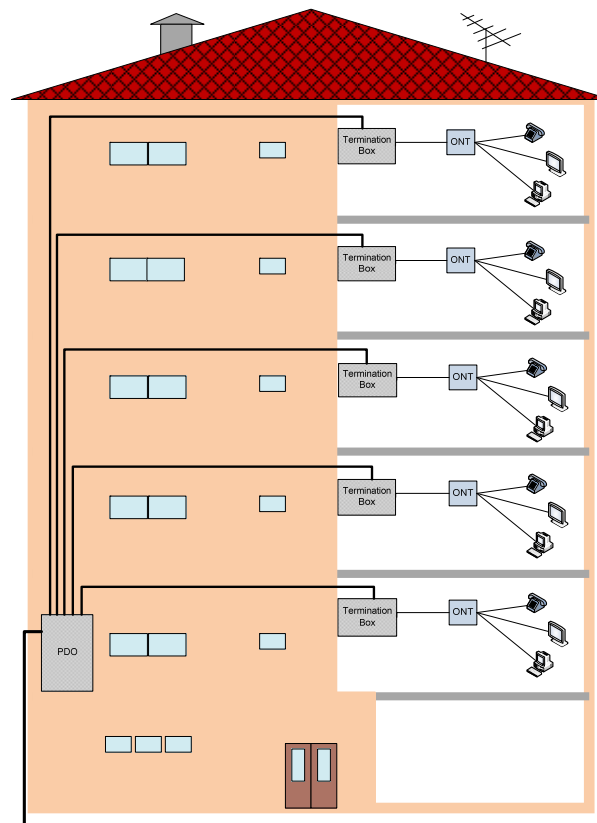


Figura 6-3 - Outside Drop (Bloco de Apartamentos)

3. Urbano/Residencial (Fora do Centro) - MODERNOS

Território muito denso (em altura);

Edifícios constituídos por vários pisos (1º, 2º, ..., 10º andar);

Pouca Actividade Comercial;

Muita habitação → Muita TV;

Edifícios Modernos;

Condutas Saturadas ou não.

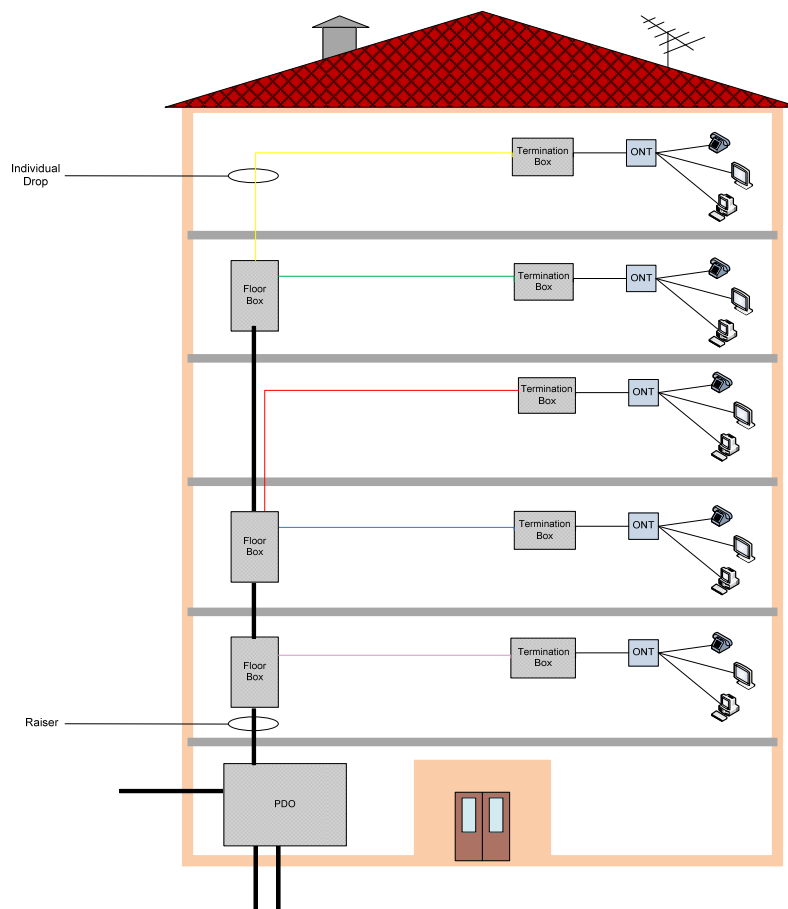


Figura 6-4 - Floor Box Drop (Bloco de Apartamentos)

4. Periferia

Loteamentos com ou sem redes de acesso privado (Valas + Condutas);
 Habitações maioritariamente constituídas por r/c, 1º e 2º andar;
 Habitações modernas tipo Vivendas agregadas (Separadas ou em banda);
 Muita habitação → Muita TV.

5. Rural

Habitações maioritariamente constituídas por r/c, 1º e 2º andar;
 Habitações antigas tipo Vivendas dispersas;
 Muita habitação → Muita TV;
 Necessidades Especiais de Instalação de Redes de Acesso (Instalação de Postes e Passagens de Cabos pelas fachadas das Habitações ou em Postes).

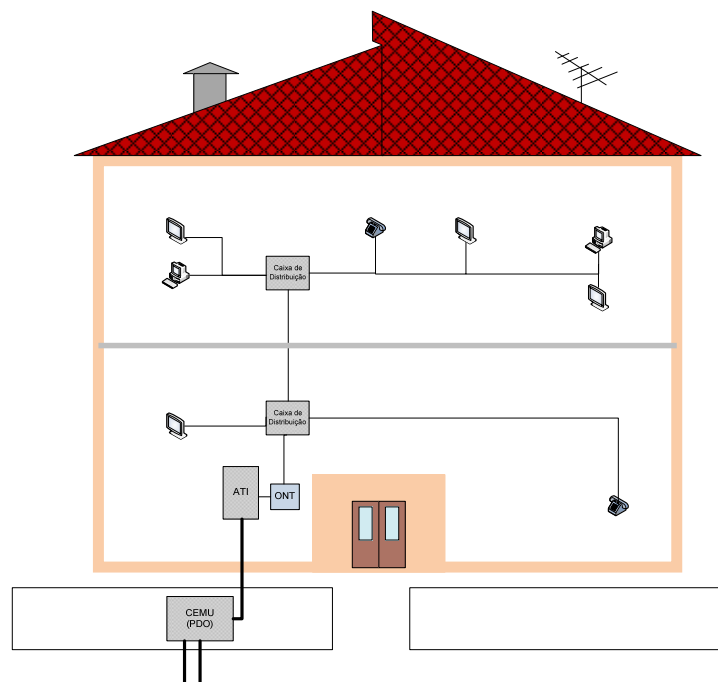


Figura 6-5 - Moradia Unifamiliar (SFU)

6. Zonas Industriais/ Parques Industriais

Loteamentos Industriais com ou sem redes de acesso privado (Valas + Condutas);
Muita Actividade Industrial;
Pouca Habitação → Pouca TV;
Edifícios maioritariamente constituídos por r/c (alguns casos com escritórios num 1º andar).
Necessidades Especiais de Instalação de Redes de Acesso (Instalação de Postes e Passagens de Cabos, Instalação de Calhas no interior e tomadas de cada UA).

7. Zonas Industriais /Parques Industriais/Áreas de Acolhimento Empresarial

Loteamentos com ou sem redes de acesso privado (Valas + Condutas);
Muita Actividade Industrial;
Pouca Habitação → Pouca TV;
Edifícios maioritariamente constituídos por r/c (alguns casos com escritórios num 1º andar), novos com pré-instalação de ITUR/ITED.

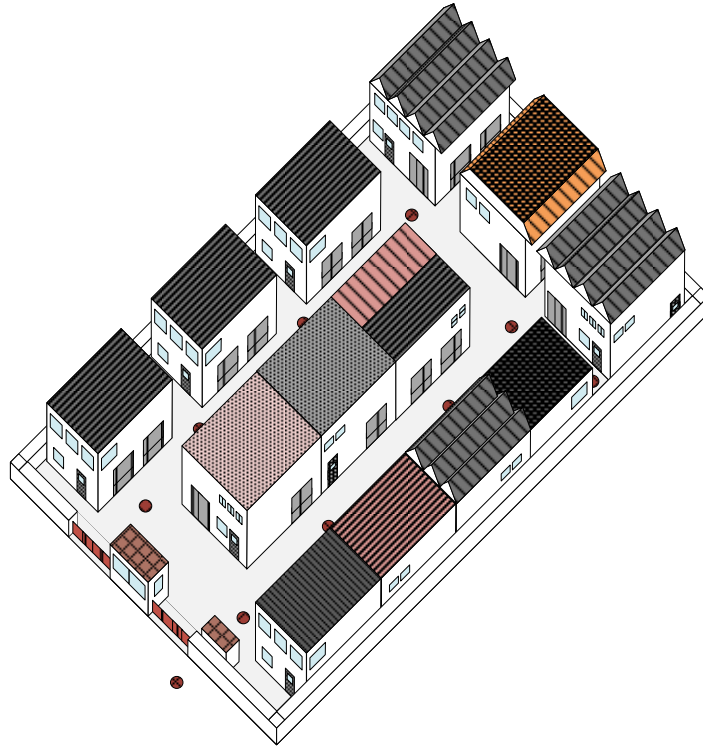


Figura 6-6 - Zona de Acolhimento Industrial com Rede Privada de Telecomunicações

De seguida são representadas algumas das tipologias das Unidades de Alojamento mencionadas, bem como os modos de instalação das respectivas redes de telecomunicações.

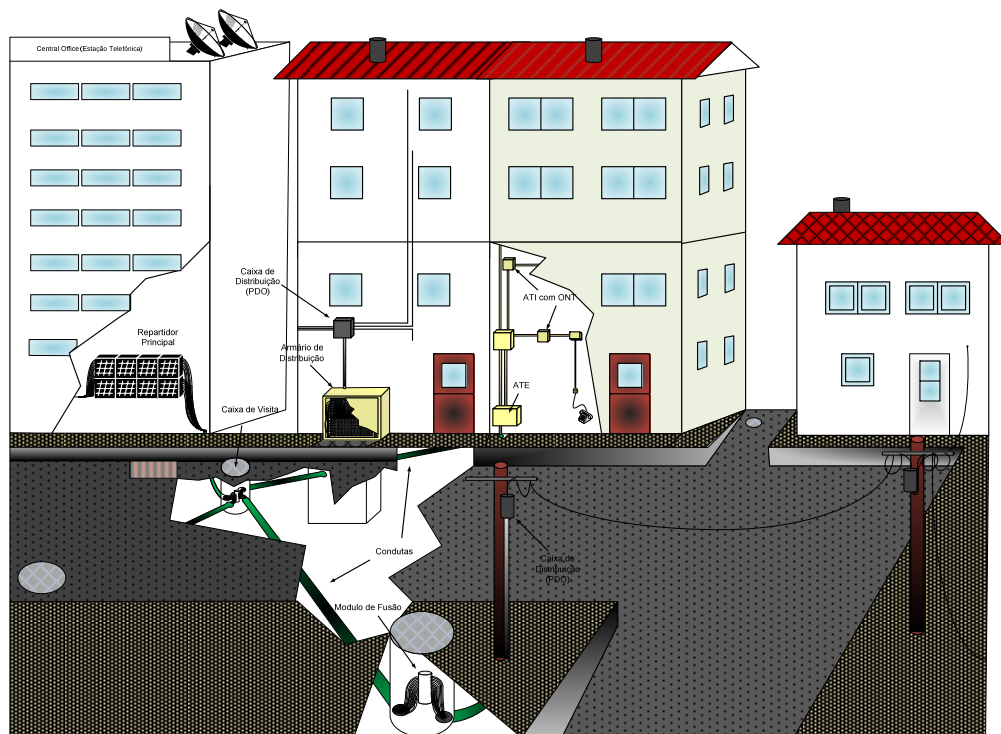


Figura 6-7 – Pormenor de uma Rede de Distribuição

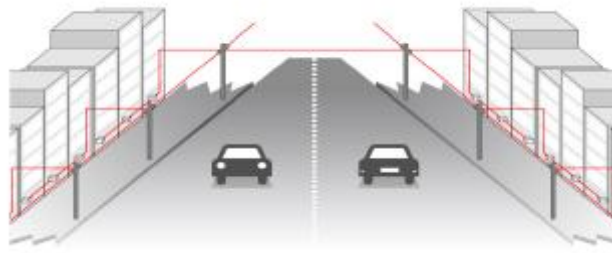


Figura 6-8 - Rede de Acesso usando Cabos Aéreos [Ventura TEAM]

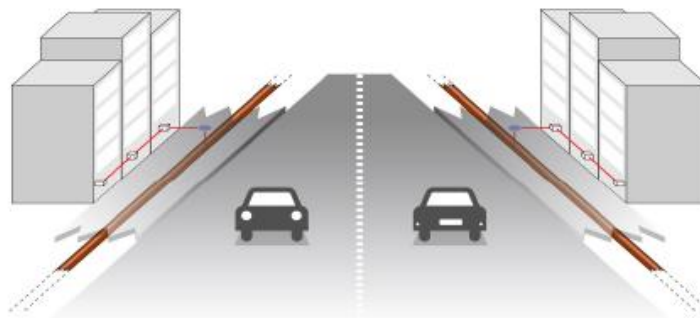


Figura 6-9 - Rede de Acesso usando Cabos em Condutas [Ventura TEAM]

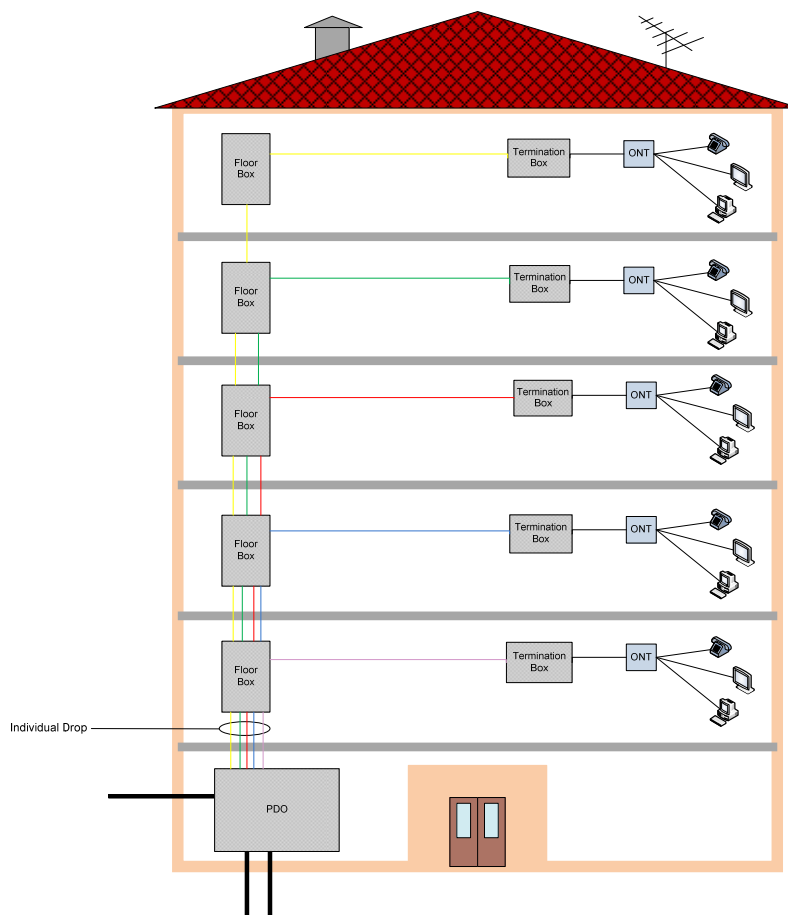


Figura 6-10 - Point-to-Point Drop (Bloco de Apartamentos)

Como se vê a forma de passagem das redes de cablagem poderá assumir diferentes configurações como sejam:

- No caso de espaços públicos:
 - redes aéreas usando postes para suporte dos cabos;
 - redes em fachadas de Edifícios;
 - Redes subterrâneas usando condutas;
- No que toca às redes de distribuição até ao cliente estas podem surgir pelas fachadas externas do edifício ou vir pelas colunas montantes internas do edifício, caso existam.

6.2. Investimentos e Custos relacionados

Para se fazer a análise tecno-económica há que apresentar inicialmente os equipamentos, componentes e demais materiais que fazem parte da rede de telecomunicações e que serão os responsáveis pelo custo dos bens físicos da rede (CAPEX).

O esquema estilizado da rede de acesso que se vai considerar é o seguinte:

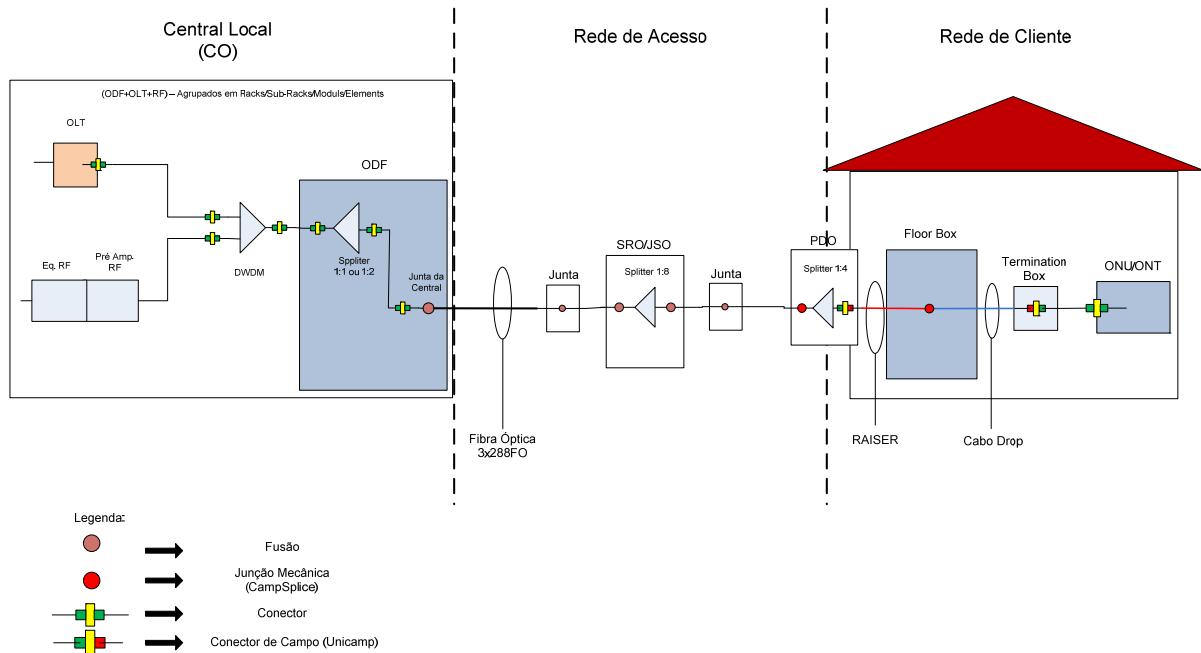


Figura 6-11 - Elementos de custo de uma rede de telecomunicações

Nele podem ser identificados os seguintes segmentos e elementos da rede:

- **Central Office (C.O.):** é a central local onde se encontram os OLTs (*Optical Line Termination*) e os ODFs (*Optical Distribution Frame*). É aqui que se encontra o primeiro andar de *splitting*, usando *splitters* 1x2.
- **Feeder Network (Rede Primária):** rede de cabos constituídos por 288 fibras ópticas que ligam o C.O. ao armário de rua (SRO) ou juntas (JSO).
- **SRO (Sub-Repartidores Óptico):** armários de rua onde são colocados os *splitters* do segundo andar de *splitting*.
- **JSO (Junta de Splitting Óptico):** juntas de ligação onde são colocados os *splitters* do segundo andar de *splitting*, numa outra configuração possível (não usando armários de rua).
- **Distribution Network (Rede de Distribuição):** rede de cabos de fibra óptica que interligam os SRO/JSO aos PDO (Ponto de Distribuição Óptica).
- **JFO (Junta de Fibra Óptica):** juntas de ligação, sem *splitters*. Estão situadas na rede de distribuição e permitem ligar os cabos provenientes do SRO/JSO a cabos com menor número de fibras, através de *splicing*.
- **PDO (Ponto de Distribuição Óptica):** são os armários onde são colocados os *splitters* do terceiro andar de *splitting*, quando este é necessário.
- **Drop Network (Rede de Cliente):** constituída por cabos de fibra óptica que ligam o PDO às residências dos clientes. Estes cabos podem ser individuais (constituídos por uma fibra

para cada assinante) ou múltiplos (*raiser*) que transportam os cabos pela coluna montante do edifício, e de onde vão ser extraídas as fibras de cada assinante.

A análise tecno-económica a que se refere esta dissertação, apenas irá incidir na análise de custos de implementação das novas redes de acesso por meio de fibra óptica, para lá do posto de distribuição (PDO), no segmento da rede denominado Rede de Cliente. No que respeita ao estudo efectuado a montante do posto de distribuição, os dados aqui descritos foram obtidos pela observação da análise tecno-económica efectuada no trabalho “Fibra Óptica na Rede de Acesso – Tecnologias e Soluções” [27].

Considerou-se um cenário reflectindo uma rede FTTH, implementada usando GPON. Os investimentos necessários para a referida rede concentram-se em 5 áreas:

- Instalação das infra-estruturas de telecomunicações utilizando fibra óptica;
- Equipamentos no *Central Office*;
- *Splitters* passivos;
- Instalação ou adaptação de Cablagem dentro dos edifícios;
- Equipamentos nas residências dos clientes (CPE – *Client Premises Equipment*).

Foi realizada uma base de dados onde foram discriminados todos os investimentos e componentes usados para a implementação da rede e os seus respectivos custos unitários.

De uma forma resumida passam a expor-se os investimentos mais relevantes no estudo considerado:

- Custos de pessoal: gestão, administração da rede, contabilidade, equipas de manutenção e reparação e apoio ao cliente;
- Componentes activos: os sistemas ópticos e eléctricos que permitem à rede enviar e receber sinais (switches, OLTs, ODFs etc). Estes componentes precisam de ser substituídos em cada 4 anos;
- Fibra e infra-estruturas: instalação de postes, se a fibra se destinar a implementação aérea, construir condutas caso seja uma instalação subterrânea, armários de rua, juntas de fibra óptica e outro tipo de infra-estrutura física. Estes investimentos representam uma grande parte dos custos totais e irão durar 15 a 20 anos;
- Equipamento nas residências dos clientes: ONTs, modems, decoders para IPTV/digital TV;

O projecto de análise tecno-económica que se apresenta tem como plano de negócios um período de 11 anos, taxa juro anual de 5% e onde serão considerados 3 cenários previsionais sendo que cada um terá uma demografia de serviços diferente dos outros para se poder observar com

detalhe as diferenças entre um cenário mais optimista, um intermédio e finalmente um terceiro onde se fará uma análise mais pessimista de adesão de clientes. As tarifas cobradas pelo serviço a cada utente serão de 240€ anuais, sofrendo uma erosão de 3% ao ano e uma cobrança de ligação de 120€.

Foi usada, para cada cenário, a seguinte fórmula para o cálculo previsional da demografia de serviços ao longo do projecto de investimento:

$$N_p + (N_p - N_s) \times \frac{1}{1 + \alpha \cdot e^{\beta \cdot t}}$$

Onde:

- N_p - Taxa de penetração de partida;
- N_s - Taxa de saturação;
- α - Parâmetro de controlo do momento de arranque do mercado;
- β - Parâmetro de controlo da velocidade de arranque do mercado.

As principais características destes cenários têm a ver com a adesão mais rápida ou mais lenta dos clientes a aderirem ao serviço prestado pelo possível operador que usar este estudo como referência.

Passam a apresentar-se as tabelas dos diferentes cenários relativas às demografias de serviço e a descrição do território a que se refere o estudo:

Tabela 6-1 - Características do Cenário 1 - Optimista

Nível de partida	10%		Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Nível de saturação	25%		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Alfa	50,0		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beta	-1,5	Taxa de Penetração	10%	11%	14%	20%	23%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
		Nº assinantes	1544	1685	2145	2947	3502	3689	3736	3747	3749	3750	3750

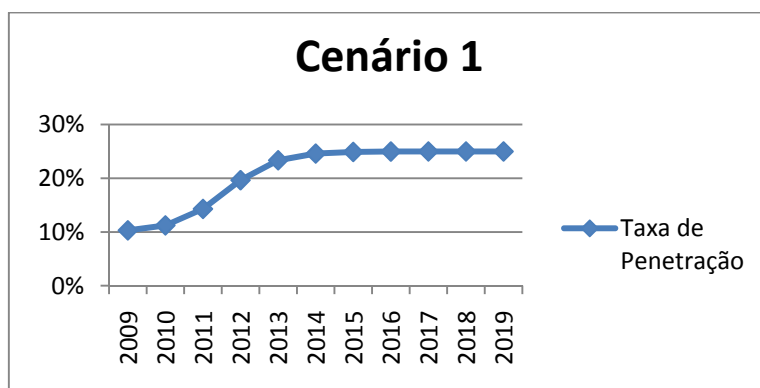


Figura 6-12 - Evolução da taxa de penetração para o Cenário 1

Tabela 6-2 - Características do Cenário 2 - Intermédio

Nível de partida	10%		Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Nível de saturação	25%		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Alfa	150		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beta	-1,4	Taxa de Penetração	10%	10%	11%	15%	20%	23%	25%	25%	25%	25%	25%
		Nº assinantes	1515	1559	1722	2192	2947	3479	3677	3731	3745	3749	3750

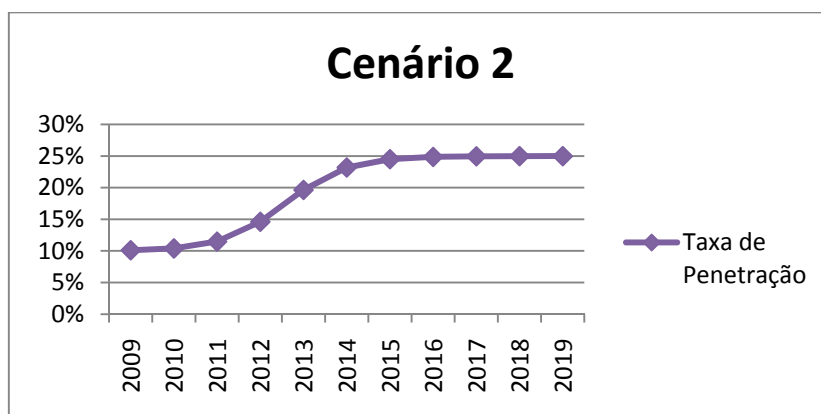


Figura 6-13 – Evolução da taxa de penetração para o Cenário 2

Tabela 6-3 - Características do Cenário 3 - Pessimista

Nível de partida	10%			Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Nível de saturação	25%			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Alfa	500,0			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beta	-1,3		Taxa de Penetração	10%	10%	10%	11%	14%	19%	22%	24%	25%	25%	25%
		Nº assinantes	1504	1516	1559	1702	2099	2784	3367	3631	3716	3741	3747	

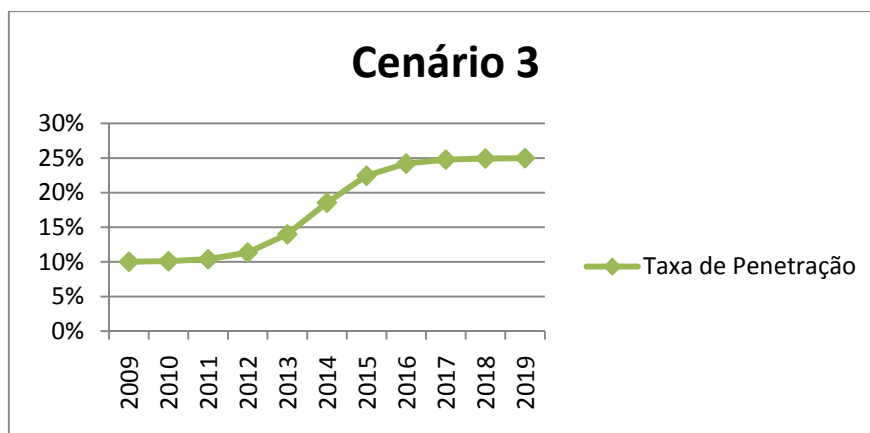


Figura 6-14 – Evolução da taxa de penetração para o Cenário 3

Tabela 6-4 - Descrição do Território

Número de potenciais assinantes (homes passed)	15000
Densidade populacional	1000
Taxa de penetração esperada	25%
Número de assinantes	3750
% de UA da Zona 1 - Urbano/Centro da Cidade (tipo Baixa)	13%
% de UA da Zona 2 - Urbano/Residencial Antigos (Fora do Centro)	43%
% de UA da Zona 3 - Urbano/Residencial Novos (Fora do Centro)	24%
% de UA da Zona 4 - Periferia (loteamentos Novos com Vivendas separadas e/ou em Banda	13%
% de UA da Zona 5 - Rural (Aldeamentos antigos muito dispersos)	3%
% de UA da Zona 6 - Zonas Industriais	1%
% de UA da Zona 7 - Areas de Acolhimento Empresarial - Modernas	2%
Nº de UA da Zona 1 na área a ser coberta	1950
Nº de UA da Zona 2 na área a ser coberta	6450
Nº de UA da Zona 3 na área a ser coberta	3600
Nº de UA da Zona 4 na área a ser coberta	1950
Nº de UA da Zona 5 na área a ser coberta	450
Nº de UA da Zona 6 na área a ser coberta	150
Nº de UA da Zona 7 na área a ser coberta	300
Total	14850

Como se vê na tabela anterior, o estudo foi efectuado para um território com 15000 potenciais clientes distribuídos por várias zonas já referidas atrás com as percentagens definidas e uma taxa de penetração prevista de 25%.

6.2.1. Resultados

Nos gráficos seguintes observam-se os investimentos previstos para cada cenário contendo informação agrupada de todas as zonas:

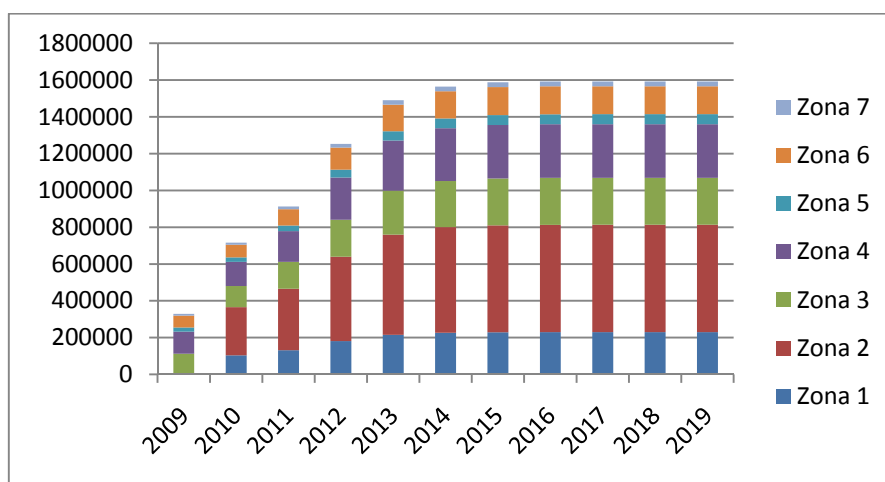


Figura 6-15 - Volume de Investimentos associados ao Cenário 1 - Optimista

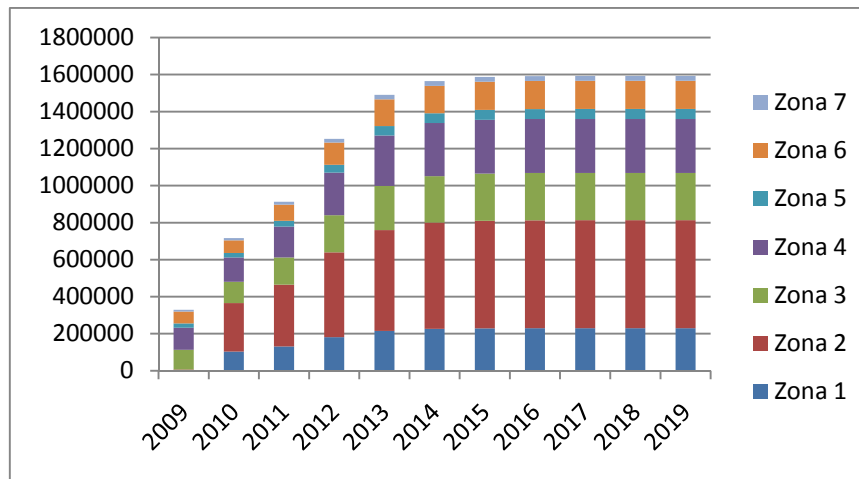


Figura 6-16 - Volume de Investimentos associados ao Cenário 2 – Intermédio

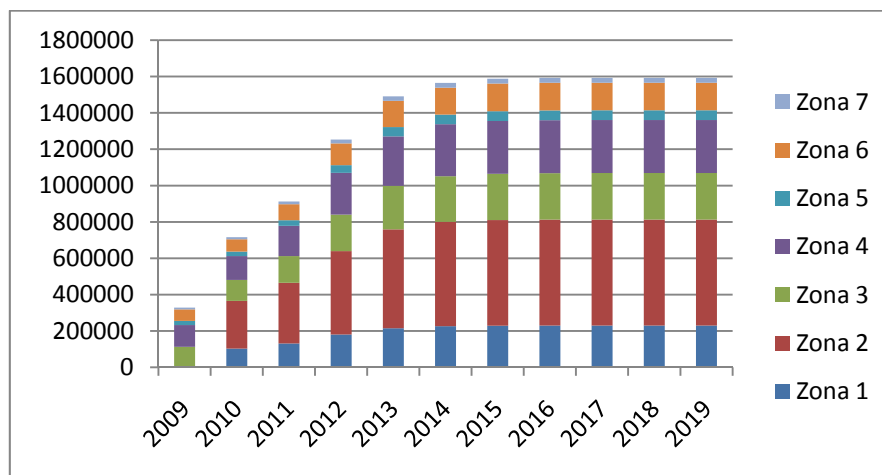


Figura 6-17 - Volume de Investimentos associados ao Cenário 3 – Pessimista

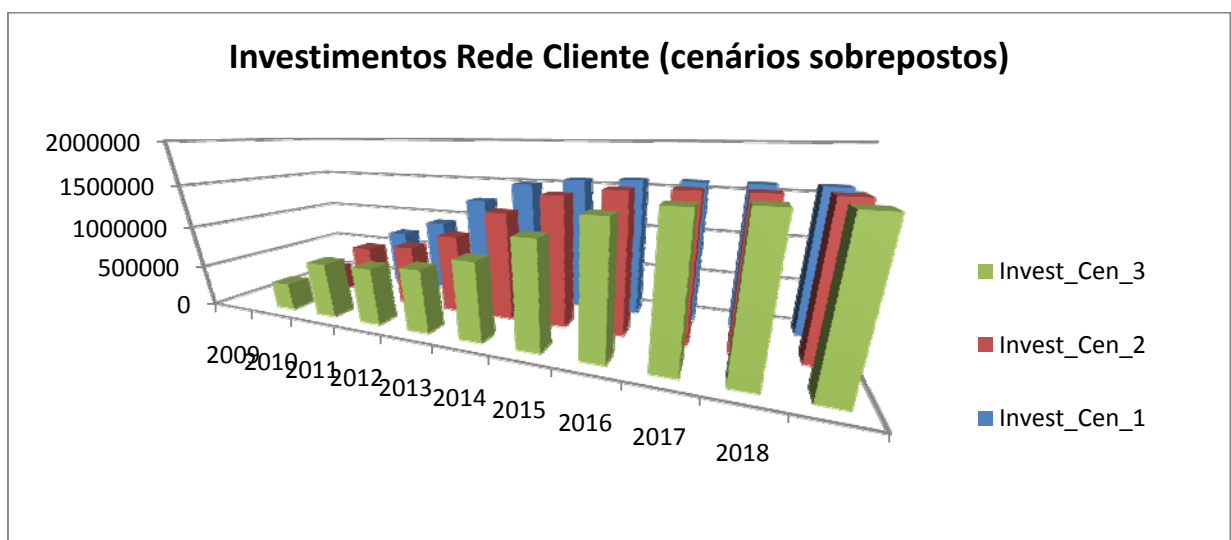


Figura 6-18 - Comparação dos Investimentos dos diversos cenários considerados

Na figura anterior (6-18) são apresentados os investimentos dos 3 cenários considerados para melhor compreensão e comparação.

De seguida apresentam-se os valores relativos aos custos de implementação (CAPEX) dos diversos cenários estudados:

Tabela 6-5 – CAPEX – Cenário 1

Cenário 1	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
C.O.	77.480,0€	1.717,6€	19.280,4€	33.430,0€	25.024,3€	6.848,4€	858,8€	0,0€	0,0€	0,0€	0,0€
Feeder Network	116.205,4€	3.600,2€	27.170,1€	51.718,1€	43.265,5€	5.400,4€	1.526,1€	274,0€	0,0€	0,0€	0,0€
Drop Network	328.867,3€	716.305,1€	912.607,1€	1.253.047,6€	1.490.542,4€	1.564.640,2€	1.587.407,2€	1.591.946,6€	1.592.315,6€	1.592.315,6€	1.592.315,6€
Investimentos/ano	522.552,8€	721.623,0€	959.057,6€	1.338.195,8€	1.558.832,2€	1.576.888,9€	1.589.792,1€	1.592.220,6€	1.592.315,6€	1.592.315,6€	1.592.315,6€
Investimento acumulado	522.552,8€	1.191.920,5€	2.031.786,0€	3.166.803,2€	4.408.955,0€	5.544.948,4€	6.580.245,7€	7.514.441,8€	8.355.313,3€	9.112.097,6€	9.793.203,4€
Custo por utilizador	338,4€	707,3€	947,3€	1.074,8€	1.259,0€	1.502,9€	1.761,2€	2.005,5€	2.228,5€	2.430,0€	2.611,5€

Tabela 6-6 - CAPEX - Cenário 2

Cenário 2	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
C.O.	67.464,2€	10.015,9€	1.717,6€	20.139,2€	32.571,2€	25.024,3€	6.848,4€	858,8€	0,0€	0,0€	0,0€
Feeder Network	100.384,0€	15.821,4€	3.874,2€	28.422,2€	50.192,0€	42.991,5€	5.400,4€	1.800,1€	274,0€	0,0€	0,0€
Drop Network	324.267,6€	663.977,5€	734.733,8€	930.746,0€	1.253.047,6€	1.476.917,5€	1.559.731,7€	1.585.802,4€	1.590.405,1€	1.592.315,6€	1.592.315,6€
Investimentos/ano	492.115,7€	689.814,8€	740.325,6€	979.307,4€	1.335.810,8€	1.544.933,3€	1.571.980,5€	1.588.461,3€	1.590.679,1€	1.592.315,6€	1.592.315,6€
Investimento acumulado	492.115,7€	1.132.718,9€	1.759.772,7€	2.563.102,8€	3.642.603,4€	4.823.276,3€	5.912.929,2€	6.910.097,6€	7.809.767,0€	8.621.105,9€	9.351.310,9€
Custo por utilizador	324,9€	726,5€	1.021,8€	1.169,1€	1.235,9€	1.386,3€	1.608,3€	1.851,9€	2.085,2€	2.299,7€	2.493,9€

Tabela 6-7 - CAPEX - Cenário 3

Cenário 3	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
C.O.	67.464,2€	0,0€	10.015,9€	1.717,6€	18.421,6€	27.440,4€	25.430,2€	12.432,0€	1.717,6€	0,0€	0,0€
Feeder Network	100.384,0€	0,0€	15.821,4€	3.874,2€	25.096,0€	48.391,9€	30.496,4€	21.495,8€	3.326,2€	0,0€	274,0€
Drop Network	323.159,3€	648.572,2€	663.977,5€	728.019,6€	889.840,0€	1.181.468,2€	1.429.646,7€	1.543.440,0€	1.580.175,6€	1.589.317,7€	1.591.946,6€
Investimentos/ano	491.007,4€	648.572,2€	689.814,8€	733.611,4€	933.357,6€	1.257.300,6€	1.485.573,3€	1.577.367,8€	1.585.219,4€	1.589.317,7€	1.592.220,6€
Investimento acumulado	491.007,4€	1.090.478,9€	1.671.245,8€	2.237.732,6€	2.947.316,9€	3.909.885,8€	5.004.470,5€	6.081.391,3€	7.058.471,5€	7.941.942,1€	8.739.968,5€
Custo por utilizador	326,4€	719,1€	1.072,0€	1.314,5€	1.404,4€	1.404,2€	1.486,1€	1.674,8€	1.899,3€	2.123,1€	2.332,2€

Podemos ver e comparar, sobrepondo os três cenários, a evolução dos investimentos ao longo do período de tempo do projecto:

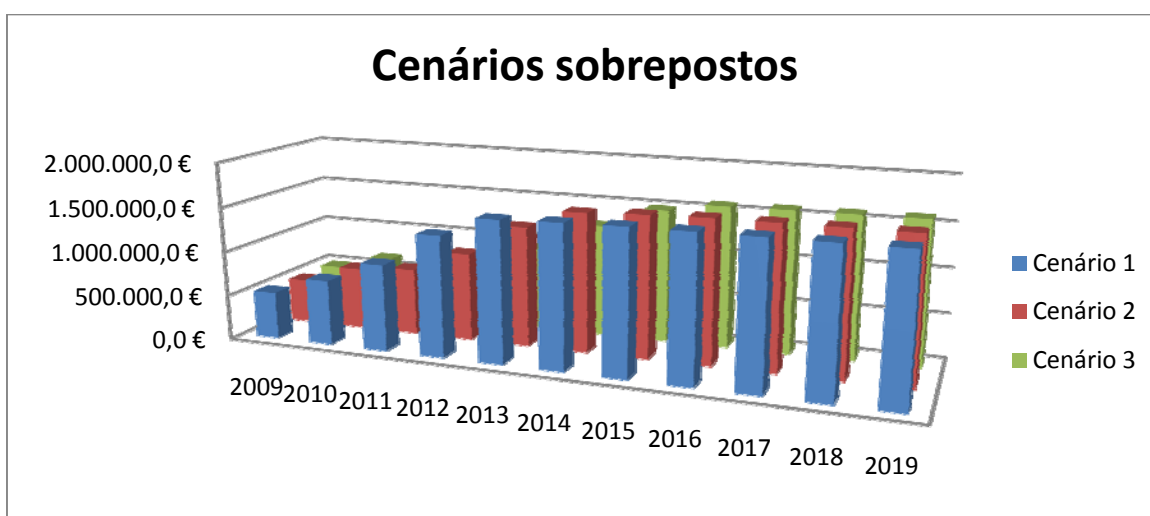


Figura 6-19 - CAPEX - Sobreposição dos cenários

Não são apresentados os valores finais da viabilidade do projecto já que foram assumidos pressupostos iniciais que tornam os resultados absurdos mediante esta análise mais detalhada no que toca ao último troço da rede, a rede de distribuição de cliente. Fica como trabalho futuro a melhoria dos dados para se obterem resultados que se considerem viáveis.

6.2.2. Cálculo do Custo por Tipo de Unidade de Alojamento

Paralelamente foi efectuado o levantamento do custo dos equipamentos a instalar em cada UA, que servirão para se ter a noção de qual será efectivamente o custo total por Unidade de Alojamento, de cada topologia descrita.

Também se poderá observar qual o equipamento ou material que mais influencia o custo total do investimento, por unidade de alojamento, bem como que topologia será mais afectada relativamente aos custos de instalação e/ou adaptação às novas redes de acesso.

Numa abordagem mais simplista e para um universo de cerca de 5000 clientes (4096 unidades de alojamento consideradas), constata-se que o custo total por unidade de alojamento varia entre os 100€ e 200€ aproximadamente. Mas quando se faz uma análise mais precisa e detalhada relativamente aos equipamentos a instalar no segmento da rede de cliente, conclui-se que os valores sofrem alterações, que nalguns tipos de unidades de alojamento se mostram ser relativamente elevados comparando com a análise menos detalhada.

São casos disso as unidades de alojamento das zona tipo 1, 2 5 e 6, já que as suas estruturas físicas não estão adaptadas às redes de telecomunicações uma vez que não contemplam infra-estruturas de telecomunicações como caixas de distribuição, calhas ou redes de tubagens aptas para receber os cabos dos operadores e ser dessa forma fácil e economicamente mais vantajoso instalar cabos no seu interior, como se verifica no caso das unidades de alojamento das zonas tipo 3, 4 e 7. Assim, verifica-se que os valores desta análise rondam os 300€ no caso de uma moradia nas topologias das zonas do tipo 4 e os 1300€ no caso de pavilhões industriais alojados em zonas referenciados como tipo 6.

Nesta análise conclui-se que esta diferença tem a ver com a grande quantidade de calhas a instalar e que influencia de um modo elevado o custo total deste tipo de unidades de alojamento. O seu valor ascende os 450€ por UA.

Outro dado curioso que se observa é o facto de unidades de alojamento inseridas em zonas tipo 1 obtêm um valor total maior que unidades de alojamento em zonas 3. Isto mostra que não só edifícios adaptados e com pré-instalação das ITED sejam mais apetecíveis do ponto de vista económico para os operadores como também porque a instalação de drop-cables individuais e aplicados no exterior, desde o PDO a cada cliente, torna o custo total por UA mais elevado.

7. Considerações Finais

Passam a expor-se algumas conclusões que se acham ser importantes, retiradas deste estudo e finalizando assim este trabalho de dissertação.

7.1. Expansões Futuras

Visto se tratar de um trabalho numa área em expansão, não se pode dizer ou expressar a declaração de fecho ou dado por terminado este estudo.

Daí que surge a ideia de trabalhos futuros que possam acrescentar, aperfeiçoar ou até mesmo colmatar algumas lacunas existentes neste projecto.

Por exemplo, no que toca à actualização de informação sobre novas tecnologias e arquitecturas que se venham a desenvolver ou que ainda estejam apenas em projecto; aglutinação do estudo de implementação da rede de acesso desde a CO até ao ponto de distribuição que se interliga com a rede de cliente (já que este ponto não se insere no presente trabalho).

Pode ainda muito ser adicionado referente à implementação das novas redes de acesso no interior das unidades de alojamento e suas novas funcionalidades associadas, nomeadamente a sua utilização para fins domóticos, ligação a electroválvulas ou outros dispositivos como contadores de água (para efeitos de telecontagem), sistemas de segurança ou de videoportaria que ficaram de fora do âmbito deste trabalho de dissertação.

Mesmo no que se concerne à análise tecno-económica propriamente dita, ainda muito pode ser melhorado, visto que tanto a ferramenta de calculo da implementação das novas redes de acesso no interior das unidades de alojamento não se considera terminada, como também a base de dados que muita informação pode ainda ser adicionada e até ser carregada numa ferramenta mais própria que o Excell.

7.2. Conclusões

Apesar de ainda haver muito a alterar, a adaptar e a melhorar (ver secção 6.2), o estudo tecno-económico da implementação das novas redes de acesso demonstrou possuir uma estrutura que possibilita o cálculo, ainda que de um modo muito primitivo, do custo total da implementação das NRA por unidade de alojamento. Por tudo isto, potencia-se como uma verdadeira ferramenta auxiliar para o estudo de viabilidade de projectos de implementação de NRA.

Com este documento pretende-se fazer um apanhado das tecnologias e sua evolução em termos de Telecomunicações, falando e descrevendo um pouco sobre cada arquitectura e cenários previstos com a implementação das denominadas NRA no seio dos alojamentos dos assinantes. Fala-se ainda das possíveis evoluções destas e até de soluções complementares que se foram criando ao longo da própria evolução.

Com este trabalho de dissertação obteve-se, de um modo alargado, contacto com o estado actual das redes de acesso, dando especial atenção à oportunidade de utilização da fibra óptica como meio físico de transmissão (FTTx).

Fez-se a inventariação e caracterização das diferentes técnicas de implementação de infra-estruturas físicas utilizadas em redes de acesso sendo dado especial ênfase às redes no interior dos edifícios, estudando-se também o quadro regulamentar aplicável à construção e utilização de infra-estruturas físicas das redes de acesso em espaços públicos e privados, assim como directivas comunitárias e nacionais respeitantes à instalação das NRA. Foi produzido um catálogo de soluções técnicas a utilizar em cada um dos contextos considerados para a implementação das NRA em edifícios e urbanizações e realizou-se a respectiva análise tecno-económica considerando um território específico tendo com plano uma base de dados onde foram identificados e agrupados os diversos elementos de custo das redes FTTx considerados necessários para o projecto de redes de acesso em espaços públicos, em edifícios e em urbanizações.

Globalmente pode dizer-se que os objectivos inicialmente propostos para esta dissertação foram atingidos, se bem que, analisando mais ao pormenor podemos encontrar algumas lacunas que remetem para um trabalho inacabado. São disso exemplo o estudo económico e suas conclusões já que não foram apresentados todos os resultados como seria de esperar. Isto deve-se em grande parte ao facto dos resultados serem absurdos, no meu entender, já que indicavam que o projecto não seria viável do ponto de vista económico. Outra das razões será também a dificuldade que existiu em encontrar dados e valores fiáveis para cada equipamento e a escassez dos mesmos, levando por vezes a que se tomassem medidas previsionais que poderão estar afastadas da realidade.

Como foi dito, com o aparecimento de novos serviços, e a cada vez maior necessidade de largura de banda por parte do utilizador, causou o surgimento e desenvolvimento de novas tecnologias para a rede de acesso, levando a que os custos fossem progressivamente reduzidos com essa evolução.

As Redes de Próxima Geração e as Novas Redes de Acesso prometem trazer muitos benefícios aos operadores de telecomunicações e clientes que usufruirão delas. Os operadores

que as implementarem poderão oferecer uma maior variedade de aplicações e serviços aos seus assinantes independentemente da sua localização, até aqui impensáveis. Desta forma os operadores poderão aumentar a sua oferta, com os novos serviços, enquanto as suas despesas de capital e operação poderão ser reduzidas com a migração das redes telefónicas tradicionais para as novas arquitecturas de convergência IP, com a aplicação das novas redes de acesso.

Com esta evolução das novas tecnologias, existe agora uma necessidade de melhorar, ou mesmo até substituir completamente o actual modelo de negócio assente na rede legada de cobre, com a finalidade de oferecer melhores capacidades e QoS que suportem esses novos serviços, como VoD ou a TV interactiva.

Uma série de aspectos terão de ser analisados para a escolha da arquitectura a implementar, como sendo: custos de implementação, custos de infra-estruturas, a utilização ou não da infra-estrutura já existente, que tipo de serviços serão disponibilizados e a capacidade de, no futuro, poder adaptar-se a novas tecnologias que surgirão; e, por fim, é importante estudar qual a melhor solução em termos dos sistemas de controlo de QoS e suas implicações no desenvolvimento de redes fixas de acesso em fibra óptica, contrastando com acessos FWA.

Desta feita, o cenário FTTH será o que terá maior visibilidade e fiabilidade, com a desvantagem de ser o menos económico de implementar, visto que não tira proveito da rede de cobre já existente.

A redução do preço da fibra aliada ao crescente desenvolvimento dos equipamentos e consequente diminuição de custos desses equipamentos, tornarão a implementação de FTTH uma escolha acessível para os operadores de telecomunicações, com grandes possibilidades de retorno de investimento.

As soluções FTTC/FTTCab serão as mais razoáveis em termos económicos, mas menos versáteis e com menor performance que a tecnologia FTTH, pois o assinante não terá o usufruto de uma fibra dedicada, como neste último caso.

Soluções inspiradas em FWA terão mais oportunidades de expansão em zonas ainda não contempladas com uma rede fixa, em zonas de terrenos acidentados ou clientes muito dispersos e também no conceito de redes provisórias, visto acarretarem menores custos de implementação.

Embora um certo número de operadores, já estabelecidos ou alternativos, tenha implantado novas infra-estruturas de banda larga de grande envergadura em diversos Estados-Membros, a Europa continua atrás das outras economias, nomeadamente dos Estados Unidos e do Japão.

A Comissão Europeia está empenhada em assegurar que a transição para as NRA se efectue de forma coerente, eficiente e atempada. Para tal, procede a uma consulta sobre os princípios

reguladores que considera mais adequados para promover o investimento nas NRA, reforçando simultaneamente a concorrência.

Conclui-se pois, que só com uma regulação eficaz e ponderada, se poderá responder a este proliferar de tecnologias e soluções para que o utilizador final e até os operadores não saiam prejudicados com um avultado investimento que se avizinha na aquisição e implementação destas NRA.

Assim, o regulador e as entidades estatais têm um papel preponderante tanto na forma como estipulam as regras para um bom relacionamento e co-existência de operadores, mas também no que toca a incentivos financeiros para apoiar iniciativas de levar estas novas tecnologias e serviços a zonas menos atractivas economicamente para os operadores, com o intuito de criar condições de igualdade de oportunidades para operadores e clientes a pensar na info-inclusão.

O ITED e o ITUR irão seguramente contribuir para o acelerar da expansão da banda larga, à medida que as unidades de alojamento, sejam elas de que tipo forem (empresariais ou particulares), passarem a ficar dotadas de raiz com infra-estruturas físicas de uma rede de banda larga, que permitirá, juntamente com os equipamentos comuns a instalar no prédio e dos individuais a instalar em cada fracção para que cada operador possa disponibilizar aos consumidores serviços triple play (voz, dados e imagem). Assim, qualquer edifício ficará com capacidade para se ligar a todas as redes públicas de telecomunicações que a ele queiram aceder, seja através de ligação por cabo, ou acessos via rádio (FWA), o que facilita o acesso dos novos operadores a casa dos consumidores finais, aumentando a concorrência no mercado, e aprofundando a liberalização.

No que se refere aos resultados da análise económica podemos concluir que dependendo da zona do território a que nos queremos debruçar obteremos diferentes valores de custo de implementação das NRA. Estas diferenças têm a ver com necessidades específicas de cada zona como sendo a necessidade de adaptar as infra-estruturas de telecomunicações para albergarem as NRA, distâncias entre Unidade de Alojamento e o modo como estas estão agrupadas na zona considerada (edifícios em altura, vivendas em banda ou separadas, etc.) ou ainda se os equipamentos a instalar serão partilhados ou não por diversas unidade de alojamento. Este último facto ocasiona de um modo considerável a redução de custo por unidade de alojamento.

Assim e de um modo generalista pode-se afirmar que o estudo da implementação das NRA baseadas em fibra óptica tem grande importância para o impacto económico dos operadores de telecomunicações, pois poderá levar a que se possam reduzir custos se forem tomadas algumas das medidas como este documento pretende demonstrar.

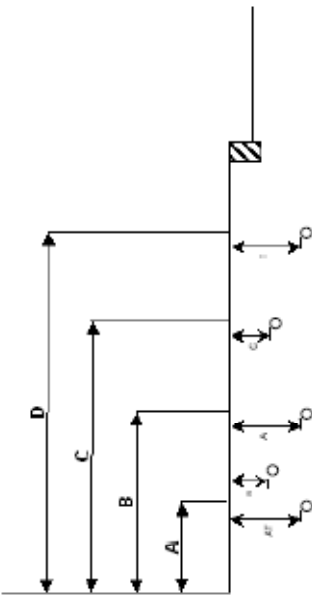
8. Bibliografia

1. PT – Grupo PT
2. DUARTE, A. M. (versão de Março de 2009). Redes e Serviços de Telecomunicações; Notas de Estudo. *Universidade de Aveiro*.
3. PT – Wholesale. ORAC PT - Oferta de Referência de Acesso a Condutas.
(<http://ptwholesale.telecom.pt/GSW/PT/Canais/ProdutosServicos/OfertasReferencia/ORAC/ORAC.htm>).
4. ANACOM – Manual ITED – 2ª Edição.
(http://www.anacom.pt/streaming/proj_manualITED.pdf?contentId=968647&field=ATTACHED_FILE)
5. ANACOM – Manual ITUR – 1ª Edição.
(http://www.anacom.pt/streaming/proj_manualITUR.pdf?contentId=968639&field=ATTACHED_FILE).
6. JARDIM, Jorge. Relatório de Projecto “Planeamento de Redes e Serviços de Telecomunicações”. – 2000.
7. ABECASSIS, Fernando e CABRAL, Nuno. “Análise Económica e Financeira de Projectos”. – Fundação Calouste Gulbenkian, 4ª Edição 1994.
8. BARROS, Hélio. “Análise de Projectos de Investimentos” – Edições Silabo, 1991.
9. TRACY, John ^a. “MBA intensivo em finanças” - Edições ACJ.
10. BOM, Luís Todo. “Manual sobre projectos de investimento” – AIP.
11. MERKEL, Wilma. “Dicionário Enciclopédico Económico” – Circulo de Leitores.
12. ANACOM – Procedimentos Associados às ITED.
(<http://www.anacom.pt/template13.jsp?categoryId=96280>).
13. OECD (2008) “Developments in Fiber Technologies and Investments” – OECD Digital Economy Papers, No. 142, OECD publishing, © OECD.
14. ETSI - TISPAN - European Telecommunications Standards Institute. (1 de June de 2005). ETSI ES 282 001: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture Release.
15. ANACOM. Consulta Pública sobre a Abordagem regulatória às NRA.
16. Ribeiro, R. V. (s.d.). Passive Optical Network -
http://www.gta.ufrrj.br/ensino/ee1879/trabalhos/vf20082/rafael_ribeiro/index.html.
17. DUARTE, A. M. - Relatório Final do Projecto “Banda Larga para as Zonas Periféricas e Rurais” (CYBERAL).
18. SILVA, Henrique J. A., “Optical Access Networks”.
19. Alcatel-Lucent – FTTX Worldwide Wins –
(http://www.alcatel-uent.com/wps/portal/!ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y

- _QjzKLd4w3dnTRL8h2VAQADYR9IA!!?LMSG_CABINET=Solution_Product_Catalog&LMSG_CONTENT_FILE=Products/Product_Detail_000416.xml#tabAnchor4).
20. SÁ, Rui. – “Sistemas e Redes de Telecomunicações”. – FCA - Editora de Informática.
 21. Sirbu, M. and A. Banerjee Towards Technologically and Competitively Neutral - Fiber to the Home (FTTH) Infrastructure.
 22. http://www.primeiro-ministro.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC17/Conselho_de_Ministros/Comunicados_e_Conferencias_de_Imprensa/20090326.htm
 23. OVUM Consulting. – “Estudo sobre o impacto das RNG no mercado” - Relatório para a ANACOM, 11 de Junho de 2008.
 24. Barreiros, António de Campos Almeida. – “Planeamento de Redes e Serviços de Telecomunicações”, Universidade de Aveiro, 2000.
 25. Ramos, Fernando e Freitas, David. – “Análise Tecno-Económica de Redes e Serviços IP”, Universidade de Aveiro, 2001.
 26. http://macao.communications.museum/images/exhibits/small/2_8_3_2_eng.png
 27. Coelho, Sara – “Fibra Óptica na Rede de Acesso – Tecnologias e Soluções”, Universidade de Aveiro, 2009.

9. Anexos

A.1. Esquema de localização das infra-estruturas no subsolo

PASSEIOS - LOCALIZAÇÃO DE TUBAGENS																							
<div></div>		<div>BT - Baixa Tensão AT - Alta Tensão A - Água G - Gás T - Telecomunicações</div>																					
		LARGURA DOS PASSEIOS (m)	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	
		AFASTAMENTO	A	0,40			0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
			B						0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
			C								1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,30	1,30	1,30	1,40	1,40	1,40
D														1,40	1,40	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80		
COTAS	BT	0,40	0,40		0,40	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
	AT	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20		
	A						0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
	G									0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
T														0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
NOTAS: A profundidade mínima refere-se à geratriz exterior superior da tubagem. Para largura de passeios superior a 2,4 m, devem ser utilizados os parâmetros correspondentes a 2,4 m. Estes procedimentos são sempre aplicáveis, salvo eventuais disposições camarárias.																							

A.2. Diagramas de Rede de Distribuição em FO



Figura A.1 - Diagrama esquemático de uma solução para distribuição em FO numa ITUR privada

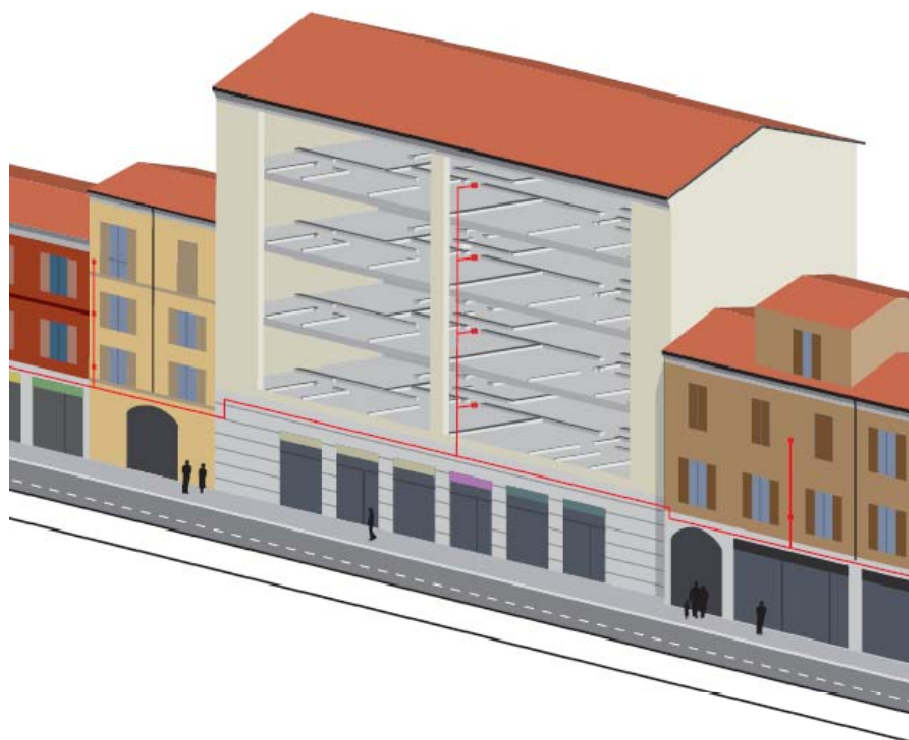


Figura A-2 - Pormenor da rede de distribuição externa dos Edifícios

(Fonte: Prismian – Brochure Verticasa)

A.3. Esquemáticos de Valas Técnicas

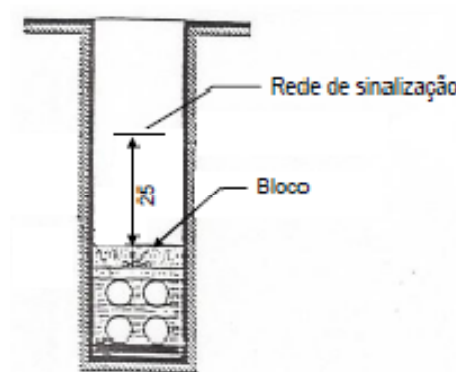
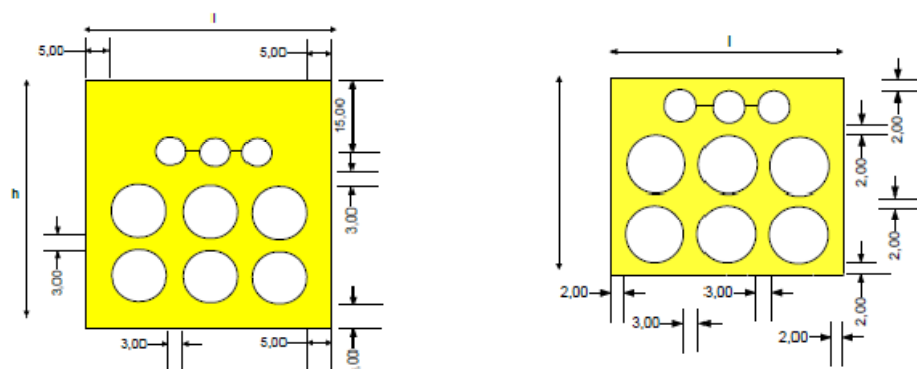


Figura A-3 - Desenho esquemático de corte de uma vala técnica



Figura A.4 - Fotografia de uma vala técnica com a interligação de tubagens numa câmara de visita



Bloco de tubagens c/ envolvimento em areia/pó de pedra Bloco de tubagens c/ envolvimento em betão

Figura A.5 - Desenhos esquemáticos de blocos de tubagens no interior de uma vala técnica

A.4. Agrupamento de Tubagens

Tabela 9-1 - Esquema de agrupamento de tubagem com envolvimento em pó de pedra ou areia





















FORMAÇÕES COM ENVOLVIMENTO EM PÓ DE PEDRA OU AREIA E UM TRITUBO			D _{tubos} =110 mm Bloco de tubagens		D _{tubos} =90 mm Bloco de tubagens		D _{tubos} =50 mm Bloco de tubagens	
Tipo	Formação	N.º Tubos	H [m]	L [m]	H [m]	L [m]	H [m]	L [m]
F2		2 + 1 T	0,380	0,350	0,360	0,310	0,320	0,280
F2A		2 + 1 T	0,310	0,660	0,290	0,520	0,250	0,440
F3		3 + 1 T	0,380	0,490	0,360	0,430	0,320	0,310
F4		4 + 1 T	0,520	0,350	0,480	0,310	0,400	0,280
F4A		4 + 1 T	0,380	0,630	0,360	0,550	0,320	0,390
F6		6 + 1 T	0,520	0,490	0,480	0,430	0,400	0,310
F8		8 + 1 T	0,520	0,630	0,480	0,550	0,400	0,390
F9		9 + 1 T	0,660	0,490	0,600	0,430	0,460	0,310
F10		10 + 1 T	0,520	0,770	0,480	0,670	0,400	0,470
F12		12 + 1 T	0,520	0,910	0,480	0,790	0,400	0,550

Tabela 9-2 - Esquema de agrupamento de tubagem com envolvimento em betão

FORMAÇÕES COM ENVOLVIMENTO EM BETÃO E UM TRITUBO			D _{tubos} =110 mm Bloco de tubagens		D _{tubos} =90 mm Bloco de tubagens		D _{tubos} =50 mm Bloco de tubagens	
Tipo	Formação	N.º Tubos	H [m]	L [m]	H [m]	L [m]	H [m]	L [m]
F2		2 + 1 T	0,210	0,280	0,190	0,240	0,150	0,220
F2A		2 + 1 T	0,150	0,480	0,130	0,440	0,090	0,360
F3		3 + 1 T	0,210	0,410	0,190	0,350	0,150	0,230
F4		4 + 1 T	0,340	0,280	0,300	0,240	0,220	0,220
F4A		4 + 1 T	0,210	0,540	0,190	0,460	0,150	0,300
F6		6 + 1 T	0,340	0,410	0,300	0,350	0,220	0,230
F8		8 + 1 T	0,340	0,540	0,300	0,460	0,220	0,300
F9		9 + 1 T	0,470	0,410	0,410	0,350	0,290	0,230
F10		10 + 1 T	0,340	0,670	0,300	0,570	0,220	0,370
F12		12 + 1 T	0,340	0,800	0,300	0,680	0,220	0,440

H – Pé direito

L – Largura

A.5. Dimensionamento dos Elementos da Rede de Tubagens

Tubos e Calhas

Na tabela seguinte estão indicados os valores dos diâmetros internos mínimos a que devem obedecer os tubos normalizados, tal como referido na EN 50086:

Tabela 9-3 - Diâmetro externo versus diâmetro interno mínimo [4]

Diâmetro Externo dos tubos (mm)	Diâmetro Interno (Di) mínimo (mm)
40	30
50	37
63	47
75	56
90	67
110	82

Para efeito de selecção dos tubos e respectivas capacidades, deve ser utilizada a seguinte fórmula, tanto para as redes colectivas, como individuais:

$$D_i \geq 1,8 \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}$$

D_i : diâmetro interno
 d_n : o diâmetro externo do cabo n

Equação 1 - Cálculo do diâmetro interno dos tubos [4]

O factor 1, 8 assegura capacidade de manobra para enfiamento dos cabos.

Para efeito de dimensionamento de calhas, deve ser considerada a seguinte fórmula:

$$S_{ui} \geq 2 \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_n^2}$$

S_{ui} : secção útil da calha ou do compartimento
 s_n : secção do cabo n .

Equação 2 - Cálculo da secção útil da calha [4]

Capacidade dos tubos e calhas, em função dos fogos

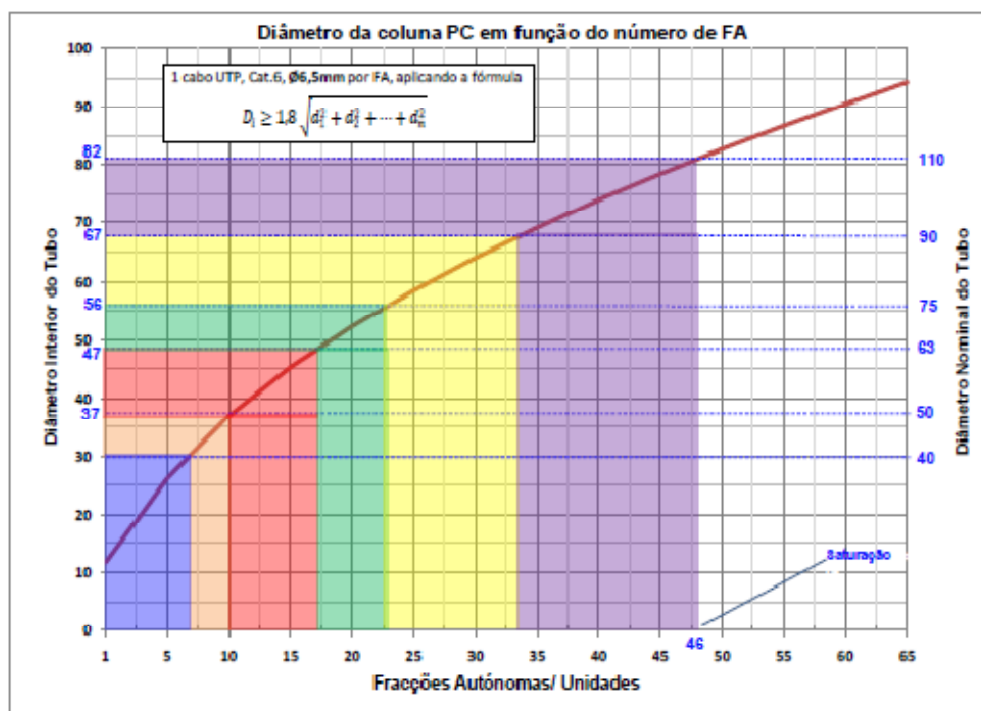


Figura 9-1 - Diâmetro da coluna PC em função do número de fogos [4]

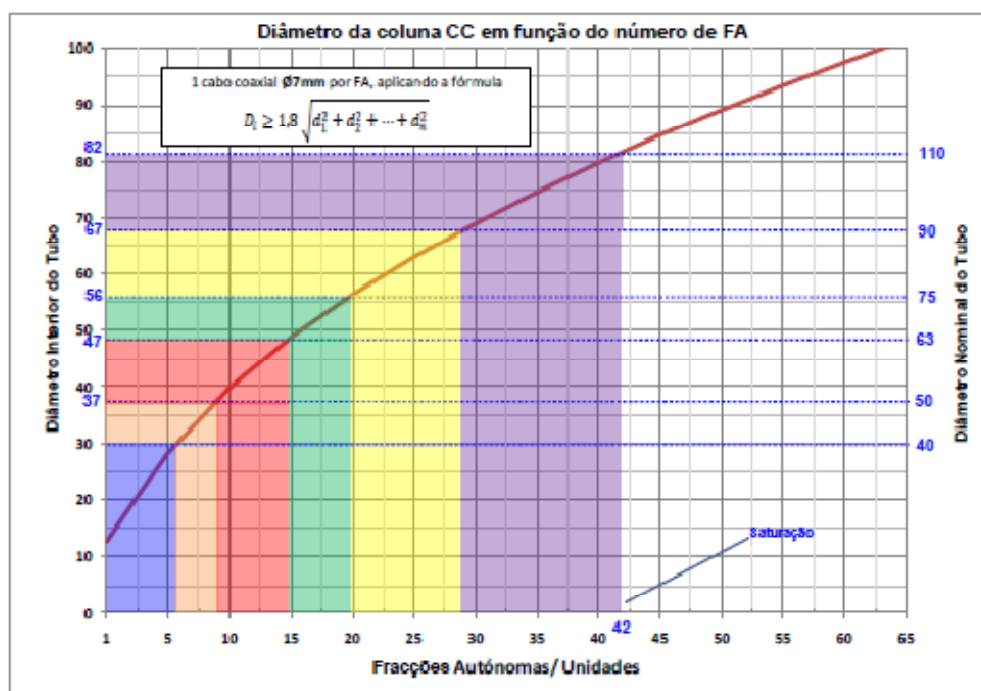


Figura 9-2 - Diâmetro da coluna CC em função do número de fogos [4]

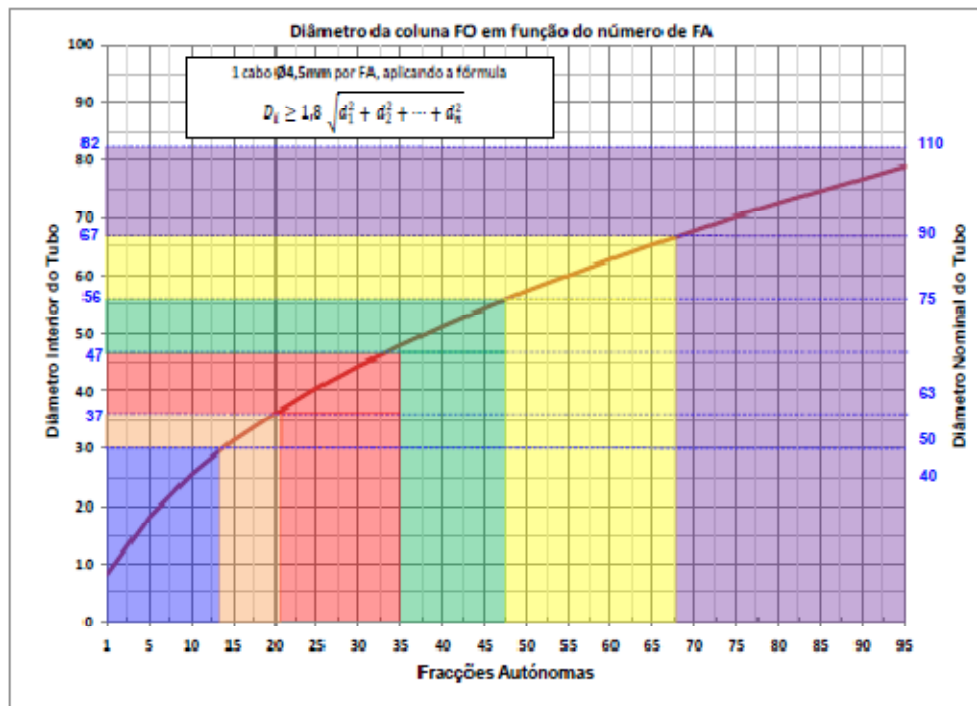


Figura 9-3 - Diâmetro da coluna FO em função do número de fogos [4]

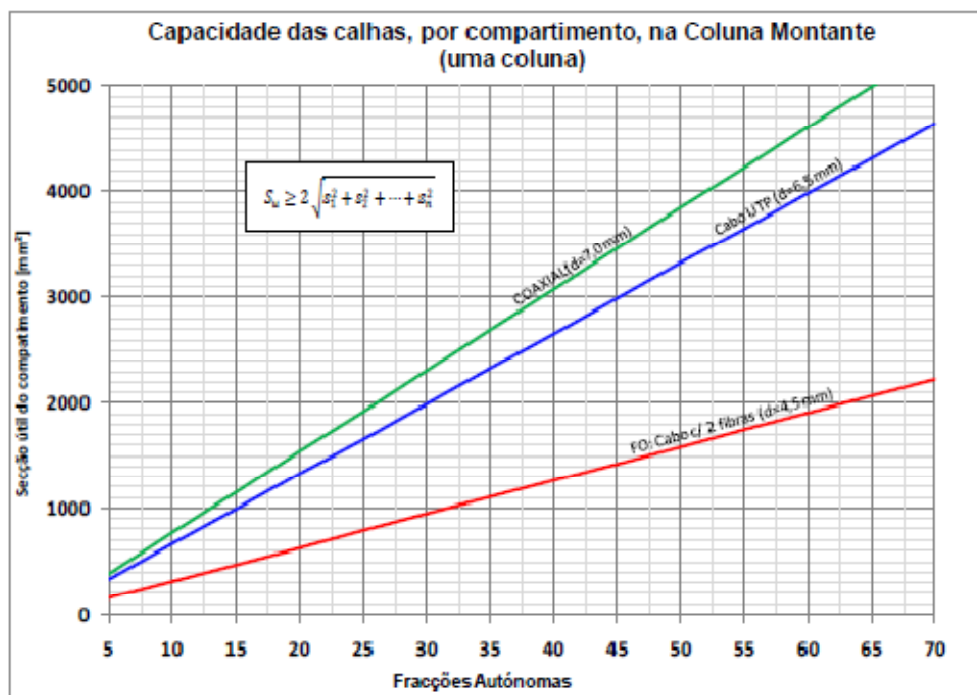


Figura 9-4 - Capacidade das calhas [4]

A.6. Câmaras de Visita – Dimensões e Capacidades

Tabela 9-4 - Dimensionamento e tipo de Câmaras de Visita [5]

Tipos de Câmaras	Utilização	Rede	Tubos por Face	Tritubo	Capacidade Indicativa	
					Juntas Pares Cobre	Juntas Fibra óptica
CVC0	passagem	Distribuição	4	1	-	-
CVC1	passagem e derivação	Distribuição	4	1	até 200"	1
CVR1a	passagem	Distribuição	4	1	-	-
CVR1b	passagem e derivação	Distribuição	4	1	até 200"	1
CVR2	passagem e derivação	Distribuição	4	2	2 até 200"	2
CVR3	passagem e derivação	Distribuição	6	2	3 até 200"	2
CVI0	passagem e derivação	Principal e Distribuição	12	2	3	3
CVI1	passagem e derivação	Principal e Distribuição	16	3	4	4
CVL1	passagem e derivação	Principal e Distribuição	16	3	4	4
CVT1	passagem e derivação	Principal e Distribuição	16	3	4	4

Tabela 9-5 - Dimensões mínimas interiores das Câmaras de Visita [5]

TIPO CV	DIMENSÕES MÍNIMAS INTERIORES EM cm						
	CORPO				FUNIL LATERAL		
	Diâmetro maior/menor	Pé direito (H)	Largura (L)	Comprimento (C)	Pé direito (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
CVC0	120/60	110					
CVC1	120/60	160					
CVR1a		100	60	75			
CVR1b		150/175	60	75			
CVR2		100/150/175	75	120			
CVR3		175	75	150			
CVI0		190	120	180			
CVI1		190	120	260			
CVL1		190	190	305	190	125	65
CVT1		190	190	335	190	125	65

Tabela 9-6 - Capacidade de alguns tipos de CV [5]

CV tipo	Dimensões mínimas interiores (cm)			Tubos por face	Capacidade indicativa
	Pé direito mínimo	Largura	Comprimento		
CVR1b	100/150/175	60	75	2 tubos D110+1 tritubo D40	Duas juntas de cabos de cobre. Não adequada para juntas de FO
CVR2	100/150/175	75	120	4 tubos D110 + 2 tritubos	Duas juntas de cabos de cobre e duas juntas de FO
CVR3	175	75	150	6 tubos D110 + 2 tritubos	Três juntas de cabos de cobre e duas juntas de FO

Tabela 9-7 - Dimensionamento das Ligações às Caixas de Visita dos Edifícios [5]

DIMENSIONAMENTO DAS LIGAÇÕES ÀS CV DOS EDIFÍCIOS, POR TUBOS	
TIPO DE EDIFÍCIO	TUBOS
Moradia unifamiliar	2 X Ø32
Edifícios residenciais até 8 FA	3 X Ø40
Edifícios residenciais de 8 a 32 FA	3 X Ø50
Edifícios residenciais de 32 a 64 FA	3 X Ø75
Edifícios residenciais com mais de 64 FA	A definir pelo projectista
Edifícios de escritórios, comerciais, industriais e especiais	A definir pelo projectista

A.7. Características e Dimensões dos Cabos de Pares de Cobre

Tabela 9-8 - Características dimensionais dos cabos de pares de cobre TE1HE e T1EG1HE [5]

Número de pares	TE1HE	T1EG1HE
	Diâmetro exterior aproximado em mm	
	Diâmetro do condutor (mm)	
	0,6	0,9
10	10,5 / 12,0	14,0 / 15,5
20	13,0 / 14,5	17,5 / 19,0
30	15,0 / 16,5	21,0 / 22,5
50	18,0 / 19,5	25,5 / 27,0
100	24,5 / 26,0	34,5 / 36,0
150	29,0 / 30,5	42,0 / 43,5
200	33,0 / 34,5	48,0 / 49,5
300	39,0 / 41,5	56,5 / 59,0
400	45,0 / 47,5	-
600	54,0 / 56,5	-
800	62,0 / 64,5	-
1000	68,5 / 71,0	-

Tabela 9-9 - Código de cores dos pares de cobre do tipo TE1HE e T1EG1HE [5]

Número do par	Cor do isolamento		Cor da identificação	
	Condutor A	Condutor B	Subunidade Nº	Cor
1	Branco	Azul	1	Azul
2	Branco	Laranja	2	Laranja
3	Branco	Verde	3	Verde
4	Branco	Castanho	4	Castanho
5	Branco	Cinzentos	5	Cinzentos
6	Vermelho	Azul	6	Branco
7	Vermelho	Laranja	7	Vermelho
8	Vermelho	Verde	8	Preto
9	Vermelho	Castanho	9	Amarelo
10	Vermelho	Cinzentos	10	Violeta

Tabela 9-10 - Características eléctricas dos cabos de pares de cobre do tipo TE1HE e T1EG1HE [5]

Tipo de Cabo		TE1HE	T1EG1HE
Diâmetro do condutor mm		0,6	0,9
Resistência máxima do condutor a 20° Ω/km		66,6	29
Capacidade efectiva máxima	Média*	55	55
nF/km	Individual	64	64
Desequilíbrio capacitivo máximo entre dois quaisquer pares, pF/km		400	270

(*) Não aplicável a cabos até 20 pares.

Resistência de isolamento mínima: 5 000 MΩ.km

Tabela 9-11 - Características eléctricas dos cabos de pares de cobre do tipo TE1HE e T1EG1HE [5]

Tipo de Cabo	TE1HE	T1EG1HE
Diâmetro do condutor mm	0,6	0,9
Impedância característica a 800 Hz Ω	600	400
Atenuação a 800 Hz Ω dB/km	1,3	0,84

O cabo T1EG1HE é o único tipo adequado à instalação em condutas.

A.8. Capacidades de Tubagens nas ITUR

A capacidade dos tubos deve ser calculada com base na fórmula e com auxílio das tabelas seguintes:

Tabela 9-12 - Dimensões mínimas interiores dos tubos [5]

Diâmetro Nominal dos Tubos [mm]	Diâmetro Interior (Di) mínimo [mm]
40	30
50	37
63	47
75	56
90	67
110	82

Para dimensionar os tubos, tal como na rede principal, calcula-se o diâmetro nominal mínimo D_N pela fórmula:

$$D_N = 1,33 \times 1,10 \times 1,10 \times d_e$$

em que d_e é o diâmetro exterior do cabo.

Tabela 9-13 - Dimensionamento da rede de tubagens [5]

Nº de fracções autónomas	PC	CC	FO
1 a 50	1Ø110	1Ø110	1TØ40
51 a 125	2Ø110	2Ø110	1TØ40
>125	3Ø110	3Ø110	1TØ40

9.1. Câmaras de Visita

As câmaras de visita são zonas de acesso a condutas que pela sua estrutura têm a finalidade de facilitar o acesso às condutas e cabos nelas existentes. Estas podem ser construídas no próprio local, ou pré-fabricadas, mas terão de apresentar características iguais ou superiores aos mínimos definidos no manual ITUR.

Ver tabelas no ANEXO A.6 para mais informação.

9.2. Armários e Pedestais

9.2.1. Armários

Os armários são compartimentos onde são instalados os equipamentos activos e não activos de telecomunicações, devem ser localizados e dimensionados de forma a facilitar a distribuição das redes de pares de cobre, de cabos coaxiais e de fibra óptica.

9.2.2. Pedestais

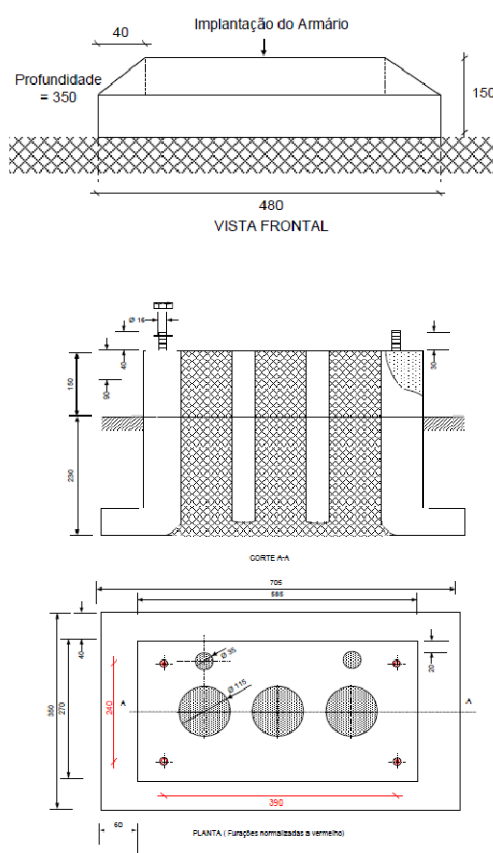


Figura A-6 - Tipos de Pedestais [5]

Nas ITUR privadas, os pedestais devem ser dimensionados para suportar os armários projectados, tendo em atenção os dispositivos que se prevêem instalar.

Para as ITUR públicas, os pedestais devem ter dimensões adequadas aos armários, ficando cerca de 150mm acima da superfície, e possuírem ligação à CV, com pelo menos 3 tubos de 90mm e respectivas guias.

9.3. Bastidores

A utilização de bastidores, em substituição das caixas normalizadas, será considerada sempre que for construída uma sala técnica, para melhor acomodação dos equipamentos a instalar pelos operadores.

9.4. Galerias Técnicas

Consoante as dimensões da urbanização, características e concentração dos edifícios, poderá o projectista optar pela construção de uma ou mais Galerias Técnicas para acomodação de caminhos de cabos, calhas e outros dispositivos constituintes da Rede de Cablagem da urbanização.

9.5. Salas Técnicas

As salas técnicas são Espaços de Telecomunicações constituídas por compartimentos fechados, com requisitos apropriados para alojamento de equipamentos e dispositivos de interligação de cabos.

Se na urbanização existirem mais de 64 fracções autónomas (FA), sem contar com aqueles que eventualmente já estejam abrangidos por sala técnica a nível do edifício, é obrigatório que exista uma sala técnica.

Nas urbanizações privativas é aconselhável que as salas técnicas dos diversos edifícios possam localizar-se numa sala técnica da urbanização, se os projectos da cablagem e equipamentos assim o permitirem.

Sempre que por imperativos de dimensão ou de tipo de topologia seja necessário, poderá existir mais de uma sala técnica numa urbanização, mas cada fracção autónoma e cada unidade apenas pertencerão a uma delas.

A opção pela construção de Salas Técnicas numa urbanização, obriga a que o ATU seja instalado numa delas, passando a designar-se por Sala Técnica Principal da Urbanização